

# **GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO**

**DISEÑO, COMO CASO PILOTO PARA ZONAS URBANAS, DE UN HUMEDAL  
ARTIFICIAL PARA LA RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS  
PLUVIALES EN LA UNIVERSIDAD LIBRE, SEDE BOSQUE POPULAR**

**DANIELA ARIAS MOYA**

**Cód. 064102051**

**CARLOS FELIPE BERNAL PERDOMO**

**Cód. 064102053**

**UNIVERSIDAD LIBRE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BOGOTÁ**

**30 de Junio de 2016**

# **GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO**

**DISEÑO, COMO CASO PILOTO PARA ZONAS URBANAS, DE UN HUMEDAL  
ARTIFICIAL PARA LA RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS  
PLUVIALES EN LA UNIVERSIDAD LIBRE, SEDE BOSQUE POPULAR**

**DANIELA ARIAS MOYA      Cód. 064102051**

**FELIPE BERNAL PERDOMO    Cód. 064102053**

## **Trabajo de Grado**

para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director: Ing. M.Sc. Ricardo Vega Zafrané

**UNIVERSIDAD LIBRE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BOGOTÁ**

**2016**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

*Firma del presidente del jurado*

---

*Firma del jurado*

---

*Firma del Jurado*

*Bogotá, 30 de Junio de 2016*

### **Declaratoria de originalidad:**

El presente trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental de la Universidad Libre no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de calificación alguna, ni de título, o grado diferente o adicional al actual.

El trabajo de grado es resultado de las investigaciones de los autores, excepto donde se indican las fuentes de Información consultadas.

Firmas:



DANIELA ARIAS MOYA

064102051



FELIPE BERNAL PERDOMO

064102053

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto que marca el inicio de una etapa, principalmente a Dios y a nuestras familias que hicieron parte del apoyo moral y espiritual que nos ayudó a reconfortar y a seguir el sendero correcto que llevó a la realización de este proyecto; sin dejar atrás a nuestro director el Ingeniero Ricardo Vega Zafrané en compañía de nuestro asesor Juan Antonio Aragón que más que hacer parte esencial y primordial en la elaboración del proyecto, fueron amigos, padres y maestros que con profesionalismo, paciencia y sabiduría lograron encaminarnos y guiarnos a través del desarrollo de nuestra carrera como personas integrales, competentes y morales; que nos permitirán crecer en nuestra vida profesional y cotidiana. También agradecemos a la Universidad por prestar y suministrar los recursos necesarios para el progreso del proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su eterna compañía y Bendición.

A nuestros padres, por su apoyo; consejos, amor entrega, guías en nuestra vida y esfuerzo sobrenatural, además de ser nuestro mayor regalo del cual nunca me cansare de agradecer a Dios.

Abuelo Emiliano, por ser inspiración, padre, maestro y modelo de vida.

A nuestros hermanos, por ser cómplices de nuestras aventuras, desilusiones y experiencias que nos hacen crecer como personas.

Amigos y familiares, gracias por estar con nosotros y brindarnos su confianza, amistad y cariño.

A todos los que acompañaron este proceso y etapa de nuestras vidas.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.2. CONSUMO DE AGUA POTABLE Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.1. HUMEDAL .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.1.2.2. HUMEDALES ARTIFICIALES .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2. PRECIPITACIÓN .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.3. SISTEMAS URBANOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.4. LLENADO DE DATOS DE LAS ESTACIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2.5. PRUEBA DE RACHAS .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.6. ALJIBES .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3. MARCO GEOGRÁFICO .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3.1. ÁREA DE INTERÉS .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3.2. CLIMATOLOGÍA .....</b>	<b>51</b>
<b>5. DIAGRAMA DE FLUJO (METODOLOGÍA) .....</b>	<b>55</b>
<b>6. DISPONIBILIDAD DE AGUA LLUVIA .....</b>	<b>56</b>
<b>6.1. METODOLOGÍA .....</b>	<b>57</b>
<b>6.2. RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>6.2.1. PRECIPITACIÓN .....</b>	<b>58</b>
<b>6.2.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>6.2.3. BALANCE HÍDRICO .....</b>	<b>67</b>
<b>6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
<b>6.3.1. Precipitación .....</b>	<b>69</b>

6.3.2.	Evapotranspiración.....	69
6.3.3.	Balance Hídrico.....	70
7.	CONSUMO DE AGUA .....	70
7.1.	METODOLOGÍA.....	70
7.2.	RESULTADOS.....	70
7.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	71
8.	DISEÑO HIDRÁULICO Y PAISAJÍSTICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO.....	72
8.1.	METODOLOGÍA.....	72
8.1.1.	RECOLECCIÓN. ....	72
8.1.2.	CONDUCCIÓN .....	72
8.1.3.	ALMACENAMIENTO.....	73
8.2.	RESULTADOS.....	73
8.2.1.	RECOLECCIÓN .....	73
8.2.2.	CONDUCCIÓN .....	80
8.2.3.	ALMACENAMIENTO.....	86
8.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	93
8.3.1.	RECOLECCIÓN .....	94
8.3.2.	CONDUCCIÓN .....	94
8.3.3.	ALMACENAMIENTO.....	95
9.	PRESUPUESTO .....	97
	CONCLUSIONES .....	99
	RECOMENDACIONES .....	100
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	101
	ANEXOS.....	105



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Funciones y servicios de los humedales .....	34
Tabla 2. Tipos de humedales en Bogotá .....	37
Tabla 3. Eficiencia de los tipos de tejado de acuerdo con el coeficiente de escorrentía.....	47
Tabla 4. Tipos de precipitación .....	43
Tabla 5. Caracterización de parámetros climatológicos para la ciudad de Bogotá	51
Tabla 6. Características de localización estaciones meteorológicas .....	53
Tabla 7. Llenado de datos .....	59
Tabla 8. Prueba de rachas.....	60
Tabla 9. Estación patrón resultado de curva de dobles masas.....	61
Tabla 10. Polígonos de Thiessen.....	64
Tabla 11. Ajuste ETP Mensual, Método de Thornthwaite .....	66
Tabla 12. Evapotranspiración Teórica .....	67
Tabla 13. Balance Hídrico.....	68
Tabla 14. Consumo de agua en la Universidad Libre, sede Bosque Popular .....	71
Tabla 15. Sondeo 1.....	77
Tabla 16. Sondeo 2.....	77
Tabla 17. Índice de permeabilidad .....	80
Tabla 18. Pérdidas por accesorios.....	84
Tabla 19. Pérdidas locativas y por fricción tramo 1.....	84
Tabla 20. Altura dinámica tramo 1 para sistema de bombeo .....	85

Tabla 21. Pérdidas totales del sistema de conducción .....	85
Tabla 22. Características Sistema de Bombeo .....	85
Tabla 23. Variables diseño del volumen del humedal.....	87
Tabla 24. Acumulado .....	87
Tabla 25. Relación Largo - Ancho y Profundidad Humedales .....	89
Tabla 26. Presupuesto.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de humedales según la Convención de Ramsar .....	36
Figura 2. Tipos de humedales en Bogotá .....	38
Figura 3. Humedal artificial de flujo libre .....	40
Figura 4. Clases de humedales artificiales de flujo subsuperficial .....	41
Figura 5. Humedal artificial de flujo horizontal .....	42
Figura 6. Humedal artificial de flujo horizontal .....	42
Figura 7. Tipos de aljibes .....	49
Figura 8. Diagrama de flujo (Metodología) .....	56
Figura 9. Curva de doubles masas .....	62
Figura 10. Curva de doubles masas modificada .....	62
Figura 11. Perfil Topográfico 1 .....	76
Figura 12. Parte superior aljibe .....	78
Figura 13. Diseño aljibe .....	79
Figura 14. Proyección hídrica .....	88

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1. Universidad Libre, Sede Bosque Popular .....	50
Mapa 2. Polígonos de Thiessen.....	63
Mapa 3. Isoyetas Universidad Libre .....	65

## **LISTA DE PLANOS**

Plano 1. Trazado Líneas Topográficas .....	74
Plano 2. Sistemas de conducción y almacenamiento .....	82

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. LLENADO DE DATOS (PRECIPITACIÓN).....	105
Anexo 2. PRUEBA DE RACHAS (PRECIPITACIÓN) .....	115
Anexo 3. CURVA DE DOBLES MASAS (PRECIPITACIÓN) .....	119
Anexo 4. CURVA DE DOBLES MASAS CORREGIDA.....	125
Anexo 5. EVAPOTRANSPIRACIÓN POR MÉTODO DE THORNTHWAITE .....	131
Anexo 6. Topografía .....	138
Anexo 7. DIÁMETROS DE SUCCIÓN, IMPULSIÓN Y PERDIDAS .....	148
Anexo 8. SISTEMA DE BOMBEO .....	164

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el recurso hídrico se ha visto afectado por un inadecuado manejo, por lo tanto, se vienen desarrollando proyectos que contribuyan a cesar la presión constante ejercida sobre el recurso. Una de las alternativas planteadas, es el diseño de humedales artificiales con el fin de recolectar y aprovechar las aguas lluvias. Los beneficios que ofrece esta alternativa son: contribuir al ciclo del agua; tener aprovechamiento de aguas lluvias haciendo un adecuado manejo de la escorrentía evitando empozamientos; dando disponibilidad de agua para potabilizar a partir del humedal, y así evitar la compra de este recurso a la empresa prestadora del servicio, generando un posible ahorro económico a la Universidad.

Además, el proyecto será parte del desarrollo del Plan de Uso Racional del Agua (PURA) del Campus el Bosque de la Universidad Libre, donde el estudio se limita al diseño hidráulico y de paisajismo de una de las alternativas de los sistemas de captación, conducción y almacenamiento.

El diseño hidráulico del humedal artificial para la recolección y aprovechamiento de aguas pluviales se desarrolló en tres principales etapas compuestas por estudios de estadística hidrometeorológica, para determinar la oferta de aguas lluvias con base en datos de estaciones hidrometeorológicas de la ciudad de Bogotá; recopilación y análisis de la demanda del recurso hídrico en el campus de la Universidad; y por último el diseño hidráulico y paisajístico del humedal artificial, que es el eje central para el almacenamiento de las aguas lluvias para su posterior aprovechamiento.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Durante siglos, a través de la ingeniería, la humanidad ha diseñado sistemas de drenajes urbanos para conducir rápidamente las aguas residuales y pluviales fuera de la ciudad a los cauces más cercanos; donde, fruto de estas prácticas, los ríos han perdido su riqueza natural y su capacidad de respuesta ante las avenidas.

Además, a causa de la construcción de techos y calles, el proceso de urbanización da como resultado extensas zonas de impermeabilización de los valles, lo cual trae como consecuencia la disminución de la cobertura vegetal (Fernández, 2000), que conlleva a que la infiltración del agua en los suelos sea menor y por ende no se permita la recarga de los acuíferos. Este fenómeno genera problemáticas como el transporte de considerables cantidades de agua en períodos muy cortos desde las zonas altas a las zonas bajas generando inundaciones y procesos erosivos, así como también hundimientos de los terrenos en las zonas altas (Vega Zafrané, 2014).

Así las cosas, una fuente alterna y en algunos casos viable de provisión para la humanidad, resulta ser el agua lluvia, la cual, a lo largo de la historia, se ha limitado principalmente a la agricultura (Palacio, Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, 2010); a pesar de ser una gran fuente de agua limpia gratuita, que no se ha aprovechado adecuadamente y que es evacuada como si fuera agua residual, optando, innecesariamente en muchos casos, por otras fuentes de alto costo para proveer las necesidades de agua potable del ser humano.

El problema que se presenta en el campus El Bosque de la Universidad Libre se evidencia principalmente en un sistema de alcantarillado constituido por unos pocos sumideros de aguas lluvias (Universidad Libre, 2014), los cuales dejan de funcionar en el momento que se satura el suelo; adicionalmente por la baja pendiente del terreno según los estudios de topografía realizados por los estudiantes del programa de ingeniería ambiental; lo cual genera encharcamientos en las temporadas de lluvia, evidenciado en los últimos años.

De continuar así, la problemática en cuanto a los empozamientos se presentará a mayor escala, afectando directamente a la población universitaria. Adicionalmente, a pesar de contar con espacio suficiente y haber existido dentro del predio un humedal, que fue rellenado, hasta ahora no se había pensado en el aprovechamiento del agua lluvia para autoabastecer el consumo de agua en la Universidad evitando o disminuyendo la compra a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de la ciudad, lo que se constituiría como valor agregado al diseño de la recolección del agua lluvia dentro del campus.



## 2. JUSTIFICACIÓN

Al analizar la anterior problemática, se han planteado medidas en diferentes países como en México, Chile, Colombia, entre otros; encaminadas a proteger y mejorar la calidad del agua, permitiendo la recarga de los acuíferos y evitando que la escorrentía llegue muy pronto a los cauces; la solución planteada fue diseñar y construir humedales artificiales, los cuales permitirán la recuperación del ciclo del agua; que la escorrentía no llegue rápidamente a los ríos generando inundaciones; y que los suelos sean más estables y no se produzcan hundimientos en los terrenos. Además, el mayor beneficio es almacenar el agua lluvia para consumo humano, reduciendo los altos costos que hoy en día se tienen (Castro, Rodríguez, Rodríguez, & Ballester, 2005).

En este trabajo de ingeniería aplicada, se planteó el diseño hidráulico y paisajístico de los sistemas de captación, conducción y almacenamiento de aguas lluvias en un humedal artificial en la Universidad Libre, sede Bosque Popular, para contribuir a la perspectiva de integrar un sistema urbano de manejo sostenible del agua en la ciudad de Bogotá.

Con el diseño del humedal artificial, se encontró que los beneficios para el campus son: contribuir a su estado natural el ciclo del agua; tener aprovechamiento de aguas lluvias haciendo un adecuado manejo de la escorrentía, y además evitando empozamientos en diferentes zonas del campus; dando disponibilidad de agua potable a partir del humedal, y así evitar la compra de este recurso a la empresa prestadora del servicio, generando un ahorro económico de la tarifa que la Universidad paga actualmente. El agua lluvia que se recolecte se utilizará para los servicios que demande la población y el mantenimiento de la universidad como:

riego de jardines, lavado de caminos, aseo, sanitarios, cafeterías, control de incendios y para consumo humano, entre otros.

El alcance de este proyecto se limitó al diseño hidráulico y paisajístico de una de las alternativas de los sistemas de captación, conducción y almacenamiento haciendo parte del desarrollo del Plan de Uso Racional del Agua (PURA) del Campus el Bosque de la Universidad Libre. El PURA, que incluye el diseño de la infraestructura que abarca captación, conducción, almacenamiento, potabilización, distribución y reutilización del agua; además de la implementación de planes de educación para la correcta operación del sistema.

Además, con la implementación de este proyecto se contribuye a la recuperación de las zonas retenedoras de agua (humedales), buscando de nuevo el equilibrio entre el ser humano y la naturaleza en relación con el recurso hídrico. Teniendo en cuenta lo anterior, el aporte que se da a la ciudad es la construcción de un modelo a mayor escala de las estructuras y del manejo que debe darse al agua urbana, que sirva como ejemplo demostrativo para quienes quieran replicar esta metodología.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, como caso piloto para zonas urbanas, un humedal artificial para la recolección y aprovechamiento de aguas pluviales en la Universidad Libre, sede Bosque Popular.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la disponibilidad de agua lluvia en el campus de la Universidad libre por medio de los datos de estaciones meteorológicas cercanas a la zona aferente y de técnicas estadísticas e hidrometeorológicas.
- Evaluar el consumo de agua potable, a partir de la información histórica y las proyecciones de crecimiento, en el campus de la Universidad Libre.
- Formularlos dimensionamientos y planos de diseño hidráulico, y de paisajismo de los sistemas de recolección, conducción y acumulación del agua lluvia para el campus El Bosque de la Universidad Libre, para su posterior aprovechamiento en riego, sanitarios, cafeterías, aseo y consumo humano.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

Este marco se centra principalmente en las ideas y términos a desenvolver dentro del proyecto con una amplia gama de alternativas y derivaciones en todas las temáticas ambientales, que implica temas densos como agua, suelo, componentes socioeconómicos, entre otros; que son desarrollados y permiten tener como base referencias para el correcto cumplimiento en la ejecución de todas las actividades del proyecto sin causar perjuicio o daño alguno a los factores ambientales y al medio socioeconómico de una zona de influencia.

### **4.1. MARCO TEÓRICO**

Dentro de este marco se destacan los términos directamente influyentes en el desarrollo del proyecto, a continuación, se evidencian las temáticas referentes al *Diseño, como caso piloto para zonas urbanas, de un humedal artificial para la recolección y aprovechamiento de aguas pluviales en la Universidad Libre, sede Bosque Popular.*

#### **4.1.1. HUMEDALES ARTIFICIALES EN ZONAS URBANAS**

Los humedales artificiales en zonas urbanas durante el *Foro Internacional de Humedales Urbanos* realizado en Bogotá el 28 de Mayo de 2003, organizado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), definió los humedales urbanos como:

*“Es una unidad de territorio urbano, considerado parte del espacio público, donde se dispone de cuerpos de aguas estancadas, corrientes o que fluyen naturalmente, en un sistema interconectado de la estructura ecológica principal. Se considera también como un ecosistema natural, semi-natural o artificial del sistema hídrico donde se concentran procesos ecológicos y valores ambientales que interactúan con uno o varios elementos biofísicos, socioeconómicos y culturales de la ciudad, y que según el estado de salud, garantizan el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad”.*

Por otro lado, durante este foro se pensó en el uso de los humedales urbanos para fines recreativos, educativos y de investigación a fin de garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes, el mantenimiento de la conectividad ecológica, la diversidad paisajística y embellecimiento escénico, la recreación y la educación ambiental, la amortiguación hidráulica, y la recarga de las aguas subterráneas.

A continuación, se describen los pensamientos acerca de la planificación y desarrollo paisajístico que tiene algunos actores importantes en la implementación de estos sistemas urbanos sostenibles.

*a. Ramsar*

Opina que hay que asegurar la colaboración entre las organizaciones internacionales y promover el intercambio de información y expertos con el propósito de poder cumplir con el mandato de la Convención y, por ende, de las partes contratantes en el marco internacional. Así mismo, considera que hay que aumentar los recursos financieros y fortalecer el manejo de recursos compartidos. Para ello será definitivo establecer políticas y planes nacionales de humedales, lo que significa -como lo ha hecho Colombia a través de una revisión y armonización del marco legal-, que existe la necesidad de definir una estrategia articulada a la normatividad. Un aspecto definitivo lo constituye el integrar el manejo de humedales al desarrollo sostenible y conservar las fuentes de abastecimiento de agua; para ello se deberá manejar una unidad física fundamental, tal como puede ser una cuenca hidrográfica y determinar las relaciones hidrológicas entre el humedal y sus fuentes de abastecimiento. De otra parte, considera vital el reunir a todos los interesados a consensuar y tener un espacio institucional para el diálogo, tal como ha sido el esfuerzo iniciado a través de este foro, con el propósito de definir claramente los objetivos de manejo y determinar los factores que afectan a los humedales, pues solo a partir de esta acción es que se podrán dirimir los conflictos y determinar qué gestión hace falta para alcanzar los objetivos que el país y la región se propongan.

Ramsar opina que para garantizar el uso y la conservación a largo plazo se deberá mantener la continuidad de un manejo efectivo, conseguir recursos financieros a través de diversos medios y estrategias económicas y no olvidar la definición de las necesidades de monitoreo permanente. Para ello, considera que en los humedales urbanos de la Sabana y el Distrito Capital, hay que trabajar mancomunadamente entre los diferentes actores; exigir una rendición de cuentas y transparencia por parte de todos los organismos, instituciones y personas del sector público y privado; lograr un aumento de financiación nacional, regional y local; asistir a los gobiernos por parte de los organismos internacionales en la designación y manejo de sitios de interés para la región (quizás la declaratoria de algunos de los humedales como sitios Ramsar); aumentar considerablemente la conciencia pública; promover el apoyo financiero de los donantes y multilaterales, pero ante todo y partiendo de la consideración que todos buscamos el mismo objetivo, trabajar juntos para lograrlo.

*b. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*

Basándose en los compromisos adoptados en el marco de la Conferencia de las Partes de la Convención de Diversidad Biológica (mediante la Decisión V/6 de 2000), es necesario abordar el enfoque de los humedales con una estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos. Para ello y con el fin de mantener o restaurar los sistemas naturales, sus funciones y sus valores, se necesita un esfuerzo mancomunado que promueva la conservación y el uso sostenible de una forma justa y equitativa, a través de la integración de los factores ecológicos, económicos y sociales dentro de un marco geográfico definido principalmente por límites ecológicos. Para lograr este propósito, se requiere implementar un enfoque ecosistémico e integral, tal como lo define el marco de la política de humedales aprobada recientemente por el Consejo Nacional Ambiental. Este enfoque debe estar basado en la aplicación de metodologías científicas apropiadas sobre los procesos esenciales e interacciones entre los ecosistemas y su entorno, así como reconocer al hombre y su cultura como componentes integrales de los ecosistemas. En tal sentido, los ecosistemas naturales y

transformados deben ser entendidos como sistemas complejos que integran diferentes ciencias del medio biofísico y socio-económico, con sus respectivas disciplinas y metodologías. Debido a que el funcionamiento y capacidad de respuesta de los ecosistemas depende de las relaciones dinámicas entre especies, y estas y el medio ambiente, la sociedad y su cultura, se deben tener en cuenta las condiciones biológicas, físicas y antrópicas que limitan el funcionamiento y productividad del ecosistema. El Ministerio considera esencial que la información sea compartida con todos los actores para todas las fases del ciclo de toma de decisiones y que la gestión debe realizarse de manera descentralizada teniendo en cuenta la estructura operativa existente, al nivel apropiado. En tal sentido, los ecosistemas deben ser vistos como sistemas interrelacionados, en el sentido de que cualquier intervención en alguno de sus componentes repercute en todo el ecosistema y en los adyacentes. De otra parte, se considera necesario revisar el tema de los humedales desde la perspectiva del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático ya que se estableció que estos ecosistemas pueden atender muchos de los propósitos de adaptabilidad y mitigación, por un lado, pero también interesantes posibilidades de financiación de procesos dentro de los mecanismos del Mecanismo de Desarrollo Limpio que tiene dos finalidades: reducir las concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera y promover el desarrollo económico sostenible en países en desarrollo, como Colombia, a través de la realización de proyectos en los sectores forestal, de energía, transporte, industria y residuos. En tal sentido, la reducción y captura de emisiones de gases de efecto invernadero ofrece nuevas oportunidades para la cooperación y realización de proyectos y negocios entre gobiernos y empresas de países industrializados con Colombia, que contribuyan de manera simultánea a la disminución de las causas del fenómeno de cambio climático y situar a Colombia en la senda del desarrollo sostenible. La Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático-OCMCC del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se presenta para facilitar y promover, de

manera transparente y eficiente, la realización del potencial de estas nuevas oportunidades.

### *c. CAR*

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca ha venido desarrollando acciones para consolidar una política para conservar y restaurar áreas prioritarias en las ecorregiones estratégicas, entre las cuales se identificó la Zona Alta y Media de la cuenca del río Bogotá, relevando la importancia de los humedales. Con tal propósito ha venido estructurando en los últimos años un Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) en su jurisdicción. En primera instancia se formularon planes guía de manejo para tres áreas piloto los cuales constituyen un modelo de planificación de ecosistemas con una oferta amplia de humedales que pudieran servir de ejemplo para las demás existentes en territorios de la CAR. Las áreas piloto seleccionadas correspondieron a la Reserva Forestal Protectora Productora Laguna de Guatavita y Cuchilla de Peña Blanca, la Reserva Forestal Protectora de los Ríos Blanco y Negro en jurisdicción del municipio de La Calera y los sitios de interés ambiental y ecoturístico en el municipio de Suesca. Así mismo, la Política Nacional para Humedales Interiores, la cual fue aprobada por el Comité Nacional Ramsar del 5 de diciembre de 2001, contempla dentro de sus metas la formulación de Planes de Manejo Ambiental para estos ecosistemas “con el fin de garantizar el mantenimiento de sus características ecológicas y la oferta de bienes y servicios ambientales”. Bajo esta perspectiva la CAR, a través de la dependencia encargada del SIRAP, y otras instancias de coordinación central y regional, está adelantando la elaboración de diagnósticos participativos y algunos planes de manejo en las áreas más prioritarias consideradas humedales con serios procesos de amenaza frente a sus bienes y servicios ambientales. La autoridad ambiental regional considera a estos ecosistemas como ecosistemas estratégicos del territorio y los pondera dentro del plan de gestión territorial como de especial significancia en la regulación de flujos hídricos, control de inundaciones y por el resto d servicios ambientales directos para la sociedad, los cuales controlan la erosión física y



biológica, contribuyen a la recarga y descarga de acuíferos, así como a la estabilización microclimática, por el aumento de evapotranspiración local y desempeñan papeles importantes en el ciclo de nutrientes en las cuencas hidrográficas, permitiendo entonces convertirse en espacios para la conservación de la biodiversidad y para el desarrollo de una identidad cultural regional y un sentido de pertenencia. Entre los fundamentos que la autoridad ambiental regional propuso para lograr el cumplimiento de los objetivos específicos de la política regional se identifican: aumentar la capacidad regional y local para conocer los componentes y funciones de los humedales, predecir su estado con relación a los procesos naturales y antrópicos que los afectan, así como también para poder establecer unos procedimientos de evaluación y seguimiento en forma permanente; integrar los humedales de la región con los procesos de planificación de uso del espacio físico, la tierra, los recursos naturales y el ordenamiento del territorio basándose, hasta donde sea posible, en las metodologías que actualmente se están desarrollando con el Ministerio del Ambiente, los institutos de investigación adscritos y vinculados (teniendo en cuenta los trabajos que es están adelantando como Estructura Ecológica de Soporte y Estructura Ecológica Principal), y las demás autoridades regionales y locales con los que se tiene ecosistemas compartidos; asegurar la conservación y uso sostenible de los recursos biológicos y socioculturales presentes en los humedales, dándole especial énfasis al trabajo que actualmente adelanta el CAR-SIRAP y promover la asignación de los valores económicos y ambientales de los humedales así como de todos los recursos asociados en el marco de las relaciones costobeneficio. Igualmente considera necesario adoptar un marco normativo, legal e institucional coherente con las demás instituciones del orden nacional, regional y local que permita las acciones de control, protección, sancionamiento y uso sostenible de los humedales para cumplir con los compromisos y las orientaciones de política internacional, actualmente debatidas y aprobadas por los países signatarios de la Convención Ramsar (aprobada en Colombia mediante la Ley 357 de 1997), y aumentar la conciencia ciudadana y del público en general, sobre las funciones y los valores de los humedales tratando de

rescatar, en lo posible, no sólo el conservar y perpetuar el patrimonio biológico, sino también de conocer, entender y proyectar los valores espirituales y estéticos de la visión cultural pretérita y contemporánea.

#### *d. DAMA*

El enfoque de la autoridad ambiental está definido por los lineamientos de la política y las estrategias del Plan de Gestión Socio Ambiental del Distrito. Para la autoridad ambiental distrital, cuando los procesos de gestión ambiental pasan de ser procesos técnicos y jurídicos a generar capital social, se convierten en procesos sociales, es entonces cuando la gestión ambiental se legitima y se puede convertir en un movimiento social que respalde la toma de decisión y el ejercicio de lo público. En este enfoque los humedales deben ser considerados, ya bien como “áreas protegidas” o como “áreas verdes”, pero siempre, como parte del espacio público que complementa la Estructura Ecológica Principal o de Soporte de la ciudad. Las primeras delimitan aquellos sectores donde se concentran procesos ecológicos y valores ambientales. Por lo tanto, adquieren un sentido y propósito tal que su objetivo primario se constituye en términos de conservación y luego, con un carácter más complementario, en uno de uso público. Las áreas verdes, por el contrario, se construyen donde el uso o la demanda lo determinan y la ocupación lo permite, primando, entonces, su carácter de área como de uso público y en segundo lugar como de conservación. No obstante, estas áreas verdes o protegidas, requieren para su viabilidad, en el contexto actual del desarrollo urbano, la eliminación o mitigación de muchos tensionantes, entre los cuales se destacan: la calidad de los cuerpos de agua (vertimientos de aguas negras, la separación de las lluvias que sí deben alimentar el humedal, la eliminación de los residuos tóxicos y metales pesados así como los rellenos de tierra o escombros). La eliminación de los tensionantes de la ronda tales como las actividades de cacería, los predadores domésticos (perros, gatos), basuras, tala, fuego, pastoreo, alteración del hábitat de fauna y flora; el control de la proliferación vegetal acuática (por medios mecánicos, químicos o biológicos) y el restablecimiento del régimen hidrológico que contempla

desde la canalización de aguas lluvias al humedal, la prevención de los drenajes vecinos por debajo del nivel de aguas del humedal, hasta el dragado. Se requiere entonces un conjunto de acciones secuenciales y de priorización en la recuperación, que incluye aspectos tales como obras sanitarias (reducción de carga orgánica, aseguramiento del caudal ecológico); recuperación de la capacidad hidráulica, diversidad batimétrica, fractalización del litoral y fluctuaciones reguladas; revegetalización y equipamientos para la adecuación del uso público, adaptación al ecosistema, diseño estático para mantener la sucesión y para promover un espacio amable al hombre, así como para proveer el hábitat propicio para la fauna con los fines propios de enmarcarse como una categoría de protección y manejo que se integre a dinámica urbana. La gestión integrada de humedales a la ciudad deberá partir del análisis de los ciclos hidrológicos, los ciclos biogeoquímicos, la formación de suelo y del sedimento, las cadenas tróficas, la sucesión ecológica, el tráfico genético y los servicios ambientales en general, por una parte. Por la otra, y en términos de la conservación de la biodiversidad, se requiere el mantenimiento de la conectividad ecológica, la diversidad paisajística y el embellecimiento escénico, la recreación y la educación ambiental, la amortiguación hidráulica, y la recarga de las aguas subterráneas de la Sabana.

*e. El científico experto (Tomas van der Hammen)*

Los humedales deben ser entendidos como áreas muy sensibles y en estado de amenaza permanente en la Sabana. Algunos de los criterios para su adecuado manejo deben estar orientados en forma prioritaria para la conservación y la restauración. Entre los aspectos a contemplar en la parte exterior de los mismos sugiere tener en cuenta los mejoramientos ambientales como: elimina las entradas de aguas contaminadas y los rellenos de escombros; establecer una ronda amplia de bosque con especies nativas teniendo en cuenta cercar el lado exterior del bosque de la ronda; regular el acceso del público, que solo deberá ser "contemplativo" y reglamentado. En la parte interna de los mismos, sugiere evitar bordes duros artificiales, evitar dragados y luz artificial y, finalmente, en uno o dos

sitios (en cabecera y cerca al piedemonte), tratar de restaurar el lugar con una vegetación cercana al páramo azonal.

*f. La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá*

El Acueducto de Bogotá como responsable del manejo de los humedales por parte del Distrito Capital incorpora su gestión desde la perspectiva administrativa y operativa de atender la prestación de tres servicios fundamentales: acueducto, alcantarillado sanitario y drenaje de aguas lluvias a través de quebradas y canales. En desarrollo de esta misión, ha estructurado una política que en los últimos años ha generado una serie de lineamientos y acciones encaminados a proteger los humedales y las zonas de ronda del sistema hídrico, y recuperar los ecosistemas asociados a este sistema, para que sus bienes y servicios sean aprovechados en forma sostenible por la sociedad. El esfuerzo institucional ha sido entonces enfocado a restaurar las condiciones naturales; mejorar las condiciones hidráulicas, recuperar el espacio público, establecer condiciones para la recreación y lograr desarrollar actividades de educación ambiental e investigación científica. En la actualidad, se ha logrado avanzar significativamente en los procesos necesarios para restablecer los procesos ecológicos y asegurar la apropiación y uso sostenible, aspectos -estos últimos- que han permitido ir construyendo una ciudad incluyente, justa, amable, productiva y sostenible. El esfuerzo para los próximos años será entonces, por parte de la ciudadanía bogotana de aprovechar mejor los humedales y entender que estos, como lo define el POT de Bogotá, son ecosistemas urbanos, y deben ser considerados parte fundamental de la Estructura Ecológica Principal de la ciudad y soporte vital de los bienes y servicios ambientales con los que la Empresa cumple su misión institucional.

*g. Conservación Internacional*

Para esta ONG que propende por la conservación de la biodiversidad, aún se está a tiempo de lograr la recuperación de lo poco que persiste de los humedales de la Sabana y del Distrito Capital y se debe avanzar en tratar de conciliar el crecimiento

urbano con la protección a perpetuidad del entorno natural. Para ello es muy importante tener en cuenta, la restauración de las funciones y valores ambientales de los humedales, y hacerlo, de manera que prevalezcan sus características ecológicas originales, lo que implica una investigación cuidadosa de la existencia de elementos de la flora y la fauna amenazada. Existe la oportunidad, además, de duplicar su área, mediante la creación de nuevos humedales en la zona de manejo y protección ambiental del río Bogotá, mediante la adecuación de condiciones físicas y bióticas en sitios potenciales. Otro asunto se refiere a la posibilidad de aprovechar el esquema de descentralización y concesión privada del servicio de acueducto que está implementando la Empresa, para que también se inicie un proceso de descentralización y se entregue la gestión de los humedales como áreas protegidas a la comunidad organizada. Se trata de una oportunidad única para establecer con carácter pionero las “concesiones de conservación”, que ya existen en otros países. La sociedad civil organizada ha probado que está capacitada para hacerse responsable 10 del manejo total, o de una parte o aspectos del mismo. Los humedales serían, pues, en el marco de este acuerdo de cogestión, un espacio privilegiado para la construcción de la democracia participativa y de la cultura ciudadana.

A partir de lo consiliado en el Foro, durante la investigación, en la búsqueda bibliográfica se consideraron los Planes de Manejo de los Humedales de la ciudad de Bogotá, con el fin de consultar los proyectos o denominaciones con respecto a humedales urbanos o artificiales. Durante la revisión se encontraron:

- En el Humedal de La Conejera, se construyeron tres humedales artificiales para el tratamiento de las aguas lluvias de dos nuevas urbanizaciones (Hato Chico y Camino Verde de Suba), los cuales se incluye en el Plan de Acción del Plan de Manejo Ambiental del Humedal, como un proyecto para la construcción de sistemas de tratamiento de las aguas lluvias en los descoles de los nueve colectores que llegan al humedal y que estaban construidos antes del 2003. Este sistema y la construcción de humedales artificiales se

convierten en modelo para el manejo de la problemática en toda la ciudad y en el país, pues es el único mecanismo sostenible que ha dado resultados efectivos.

- En el Plan de Manejo del Humedal de Juan Amarillo se plantea la construcción de humedales artificiales o adecuación de los naturales para el biotratamiento de aguas residuales; esta tecnología a bajo costo permite la separación de las aguas negras de las pluviales en las redes de alcantarillado. Pues durante la implementación de estos sistemas, el comportamiento de los indicadores de contaminación ha sido evaluado y se ha encontrado que en sistemas que son gestionados adecuadamente se obtienen reducciones del 98.8% de coliformes totales, 95.2% de colifagos, 87.8% de *Giardia* y 64.2% de *Cryptosporidium*. Dicha reducción está relacionada con la alta actividad biológica a causa de la diversidad de flora y fauna en el sistema. De igual forma interfieren factores biológicos como la predación por nematodos y protozoos, la acción lítica de bacterias por bacteriófagos y factores químicos como reacciones de oxidación, adsorción y exposición a plantas y toxinas microbianas.

Dentro de las especies pertenecientes a estos estudios, se registran helechos, musgos, herbáceas y ciertas macrófitas que son poco frecuentes en los humedales urbanos y que coincidencialmente se mencionan en las etapas de formación de los humedales de la Sabana.

Por otro lado, los numerosos proyectos que se han realizado alrededor del mundo, permiten ratificar la importancia de la conservación o construcción de estos sistemas de drenaje urbanos para diferentes usos: sean como fuente de amortiguador de los cauces, almacenamiento de aguas lluvias, tratamiento de aguas residuales y funciones paisajísticas. Dentro de los casos exitosos se encuentran:

- Gran Bretaña: existen numerosas gravilleras que han sido restauradas como humedales artificiales para la conservación de la vida silvestre. Por medio de

revegetalización planificada, creación de infraestructuras para la anidación como plataformas flotantes o islas, introducción de especies de humedales naturales; en pocos años una gran cantera puede convertirse en un humedal rebosante de vida. Así se transforman en lugares idóneos para la observación de aves, educación ambiental e investigación científica, y se puede diseñar una infraestructura limitada para acoger a los visitantes sin perturbar a la flora y la fauna.

- El valle del Río Siecha: entre los municipios de Guasca y Guatavita discurre sobre uno de los más grandes depósitos de gravilla en la Sabana de Bogotá. Sus aguas alimentan al embalse de Tominé, cuya inundación comenzó en la década de 1960. Contiguas al río existen gravilleras fuera de explotación que con el paso del tiempo se han convertido en humedales artificiales con variados hábitat disponibles, e importante refugio para aves acuáticas. Estas gravilleras y el borde sur del embalse de Tominé albergan peces e invertebrados, que son sostén de concentraciones importantes de aves acuáticas ya escasas en la Sabana, como el pato *Turrio Oxyura Jamaicensis* y el zambullidor *Podilymbus Podiceps*. En algunos casos sus orillas no presentan vegetación, en otras están rodeadas de pasto *kikuyo*.

#### **4.1.2. CONSUMO DE AGUA POTABLE Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA**

Las tarifas que los usuarios de la ciudad de Bogotá, debe pagar por el acceso al agua potable son muy altas a comparación con las de otras ciudades del país y del mundo, ya que el metro cubico tiene un costo aproximado de COP\$1.816, mientras que en Cali es de COP\$992, en Santiago de Chile es de COP\$1.016 (EL TIEMPO, 2007). Estos costos se deben principalmente a las largas distancias que el agua tiene que recorrer para llegar a los usuarios finales, ya que las fuentes de abastecimiento están en Chingazá y Tibitoc, las cuales tienen un sistema de

conducción con longitudes de 40 km y 35 km desde sus puntos de partida hasta la ciudad (EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ D.C, 2009). En el diseño de esos grandes sistemas de abastecimiento de agua potable para la ciudad, no se han tenido en cuenta los daños producidos a la naturaleza.

Por esta razón, varios autores en el mundo han venido implementando metodologías para el aprovechamiento de agua lluvia con el fin de brindar un ahorro económico en los usuarios en el consumo de agua potable.

## **4.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **4.2.1. HUMEDAL**

La convención de Ramsar es un tratado intergubernamental con cooperación internacional, que se ocupa en la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Fue proclamada en la ciudad de Ramsar, Irán en 1971, entrando en vigencia en el año 1975. (SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2008)

Donde, La Convención, define humedal como:

*“las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”*

Además, los humedales actúan como verdaderas esponjas que absorben y almacenan los excesos de agua, pero debido a la urbanización, estos cuerpos han disminuido generando una problemática, en donde se presenta un cambio en el régimen hidrológico y en la calidad ambiental de los humedales, alterando



drásticamente sus características ecológicas produciendo así, impactos negativos sobre el bienestar de la población (Wetlands International, 2012).

De las extensiones de los humedales en el mundo no se tiene una cifra muy exacta, pero la Convención de Ramsar, en su manual, afirma que oscila entre 999 y 4.462 millones de hectáreas. En cuanto a Colombia, es un país que se encuentra entre los 4 países con mayor disponibilidad de recursos hídricos en el planeta (SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2013); ya que los humedales en Colombia se alojan a lo largo de todo el país, pues en cada región hay ciertos tipos de humedales representativos (Castellanos, 2006), en los que principalmente se encuentran representados por pantanos, ciénagas y turberas, madres viejas, lagunas, sabanas y bosques inundados (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE - CONSEJO NACIONAL AMBIENTAL, 2001).

En el caso de la ciudad de Bogotá, por falta de control y aplicación de la normatividad, se han venido eliminando las estructuras naturales de infiltración y control de inundaciones, perdiendo así, más del 50% de los cuerpos de agua existentes en la sabana de Bogotá. (SECRETARÍA GENERAL DE LA ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C., 2007), que según afirma la Fundación Humedales de Bogotá, actualmente en la ciudad solo existen 13 humedales reconocidos, los cuales son:

- Humedal Torca y Guaymaral
- Humedal La Conejera
- Humedal Córdoba
- Humedal Tibabuyes o Juan Amarillo
- Humedal Jaboque
- Humedal Santa María del Lago
- Humedal El Salitre
- Humedal Capellanía
- Humedal Meandro del Say

- Humedal de Techo
- Humedal el Burro
- Humedal Techovita o La Vaca
- Humedal Tibanica

#### 4.2.1.1. FUNCIONES AMBIENTALES DE LOS HUMEDALES

Las funciones ambientales de los humedales según el Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica son:

*Tabla 1. Funciones y servicios de los humedales*

FUNCIONES	SERVICIOS
Recarga y descarga de acuíferos	Aumenta la cantidad de agua
	Aumenta la productividad de la pesca aguas abajo
Control de calidad del agua	Reducción de purificación de agua
Retención, remoción y transformación de nutrientes	Reducción de los costos en la purificación del agua
Hábitat de especies acuáticas	Apreciación de especies
Hábitat de especies terrestres y avifauna	Observación recreacional de vida silvestre
Producción y exportación de biomasa	Producción de alimento e insumos para la agricultura
Control de inundaciones y alivio de tormentas	Reduce los daños debido a inundaciones y tormentas severas

Estabilización de sedimentos	Reducción de la erosión de suelo
Mejoramiento ambiental	Comodidad producida por la cercanía al ecosistema

*Fuente: (Castiblanco & Bettín, s.f.)*

#### **4.2.1.2. TIPOS DE HUMEDALES**

En la actualidad, se distinguen dos tipos de humedales en la clasificación general, los cuales son:

##### **4.2.1.2.1. NATURALES**

Según la Categorización general que realiza la Convención de Ramsar, los humedales Naturales tienen la siguiente clasificación como se observa en la Figura 1:

Figura 1. Clasificación de humedales según la Convención de Ramsar

HUMEDALES MARINOS Y COSTEROS		
<b>MARINOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Submareal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas marinas someras permanentes</li> <li>• Lechos marinos submareales</li> <li>• Arrecifes de Coral</li> </ul> </li> <li>• Intramareal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costas marinas rocosas</li> <li>• Playas de arena y guijarros</li> </ul> </li> </ul>	<b>ESTUARINOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Submareal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estuarios</li> <li>• Lagunas costeras salobres</li> <li>• Lagunas costeras de agua dulce</li> </ul> </li> <li>• Intermareal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos intermareales</li> <li>• Pantanos y esteros</li> <li>• Humedales intermareales arbolados</li> </ul> </li> </ul>	
HUMEDALES CONTINENTALES		
<b>FLUVIAL</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deltas interiores</li> <li>• Ríos/Arroyos permanentes</li> <li>• Manantiales de agua dulce</li> </ul> </li> <li>• Estacionales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ríos/Arroyos estacionales</li> </ul> </li> </ul>	<b>LACUSTRE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagos permanentes de agua dulce &gt;8 Ha</li> <li>• Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce &lt; 8 Ha</li> <li>• Lagos permanentes salinos &gt;8 Ha</li> <li>• Pantanos/esteros/charcas permanentes salobres &lt;8 Ha</li> </ul> </li> <li>• Estacionales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagos estacionales de agua dulce &gt;8 Ha</li> <li>• Pantanos/esteros/charcas estacionales de agua dulce</li> <li>• Lagos y zonas inundadas salobres</li> <li>• Pantanos/esteros/charcas estacionales salobres</li> </ul> </li> </ul>	<b>PALUSTRES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce &lt;8 Ha</li> <li>• Pantanos/esteros/charcas estacionales de agua dulce</li> <li>• Turberas no arboladas</li> <li>• Humedales alpinos de montaña</li> <li>• Humedales de la tundra</li> <li>• Humedales boscosos de agua dulce</li> <li>• Turberas arboladas</li> </ul> </li> <li>• Estacionales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantanos/esteros/charcas estacionales salobres</li> <li>• Pantanos/esteros/charcas estacionales de agua dulce</li> <li>• Manantiales de agua dulce</li> <li>• Bosques estacionales inundados</li> </ul> </li> </ul>

Fuente: Adaptada por Daniela Arias y Felipe Bernal de (Berlanga, Ruiz, & De la Lanza, 2008)

En Bogotá, según la Política de Humedales del Distrito Capital, los tipos de humedales naturales presentes en la ciudad son principalmente Humedales de Paramo, Andinos de ladera y de planicie (Ver tabla 2).

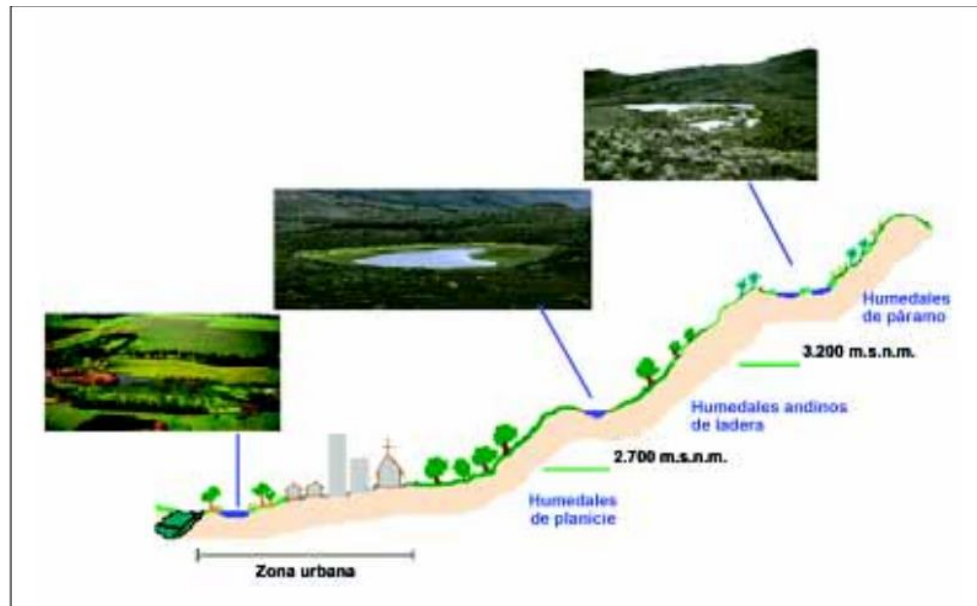
Tabla 2. Tipos de humedales en Bogotá

TIPO DE HUMEDAL		ORIGEN	ASPECTOS MORFOLOGICOS	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR
Humedales de Montaña	Humedales de Paramo	Glaciar	Sistema lagunar, turberas, áreas inundables morfométricamente no uniformes	Por encima de 3.200 msnm
	Humedales andinos de ladera	Glaciar	Espejo único con área de pulso circular perimétrica bien definida	Entre 2.700 y 3.200 msnm
		Artificial	Espejo único con área de pulso	Entre 2.700 y 3.000 msnm
Humedales de Planicie		Fluviolacustre	Espejo único múltiple, áreas inundables morfométricamente no uniformes	Por debajo de 2.700 msnm
		Artificial	Espejo único, litoral Definido	Por debajo de 2.700 msnm

Fuente: Adaptada por Daniela Arias y Felipe Bernal de (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ - DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE, 2006)

En la figura 2, se muestra claramente los diferentes tipos de humedales que existen en la ciudad de Bogotá.

*Figura 2. Tipos de humedales en Bogotá*



*Fuente: ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ - DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE, Óp. Cit., p. 28.*

#### **4.2.1.2.2. HUMEDALES ARTIFICIALES**

Los humedales artificiales o contruidos son un tipo de estructura diseñada por el hombre con el fin de almacenar o controlar el agua (Galeano, 2011). Además, se definen como un área de tierra cubierta de vegetación que puede estar ocasional o permanentemente llena de agua con distintas profundidades. Los humedales, tanto los naturales como artificiales, son hábitat de una gran diversidad de plantas y animales.

Un aspecto importante de los humedales artificiales lo menciona la convencion de Ramsar que establece algunas consideraciones sobre humedales en Bogotá que los define como humedales urbanos. La convención reconoce la existencia de un conjunto amplio de humedales naturales y artificiales. Como humedales naturales se tienen los lacustres (lagos) y palustres (pantanos de agua dulce), y como

artificiales los estanques o represas. También reconoce la convención la existencia de humedales casi naturales, mencionado anteriormente.

Segun el Plan de Manejo del Humedal la Vaca, los humedales de Bogotá no son ecosistemas cuya estructura y funcionalidad actual pueda considerarse exclusivamente el resultado de procesos naturales. En efecto, el represamiento en los pequeños valles de erosión de los afluentes del río Bogotá es un factor que produjo la redistribución de la fauna y flora propia de humedales naturalmente adyacentes en los sitios de alto nivel freático en los interfluvios. Se puede así hablar para este caso en términos de Ramsar de humedales “casi naturales”, o semi-naturales, esto es espacios con valores naturales, pero que son el producto de intervenciones de origen humano.

La relativa artificialidad de estos humedales sin embargo, solo implica un tipo particular de origen, y no conlleva necesariamente una menor importancia de los valores y funciones naturales que contienen. Al contrario, la presencia en un contexto urbano de funciones y valores naturales en este tipo de áreas, realza su importancia y pertinencia de manejarlos siguiendo los lineamientos de este acuerdo internacional. A pesar de que el origen del humedal de La Vaca es natural y formaba parte importante de el complejo de humedales del Tintal, su naturalidad interna prácticamente ha desaparecido pues ha sufrido drásticas. (PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, 2008).

Lo que demuestra que el termino mencionado de semi-natural en un humedal de Bogotá, se evidencia claramente en el Humedal La Vaca que por la intervención antropica, los humedales con carasteristicas naturales se han ido deteriorando y su conservación origen tanto paisajistica como su biota natural practicamente se han perdido; tal y como lo menciona el plan de manejo del humedal la Vaca.

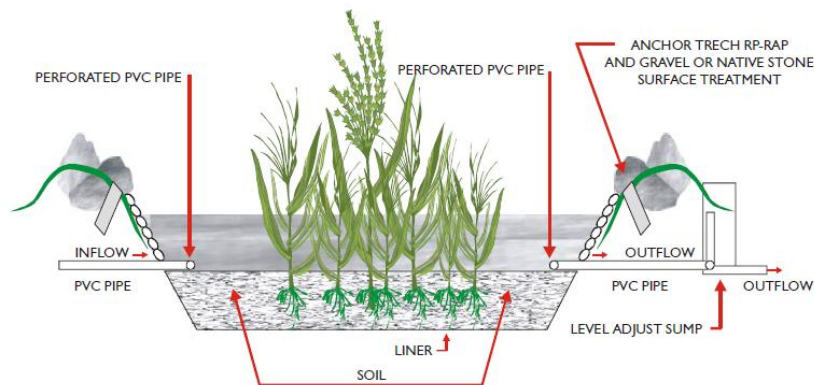
Entre los humedales artificiales se distinguen los de flujo libre y subsuperficial.

#### ❖ HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO LIBRE

Los humedales artificiales de flujo libre son sistemas de estanques o canales, con alguna clase de barrera subterránea para prevenir la filtración en el suelo (Llagas & Guadalupe, 2006), donde el agua está en la superficie en contacto con el ambiente. Estos sistemas tienen poca profundidad, la vegetación tiene una altura de aproximadamente entre 0.1 a 0.45 m, las especies más utilizadas son del grupo de las macrófitas destacando a las eneas, carrizos, juncias y juncos. (Osnaya, 2012)

Además, según la Agencia de Protección Ambiental (EPA, Environmental Protection Agency), en los humedales de flujo libre el agua fluye sobre la superficie del suelo con vegetación desde un punto de entrada hasta el punto de descarga; el principal uso de estos sistemas se ha centrado en tratamiento terciario de aguas residuales (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

*Figura 3. Humedal artificial de flujo libre*



*Fuente: Llagas & Guadalupe, Óp. Cit, p. 89*

#### ❖ HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

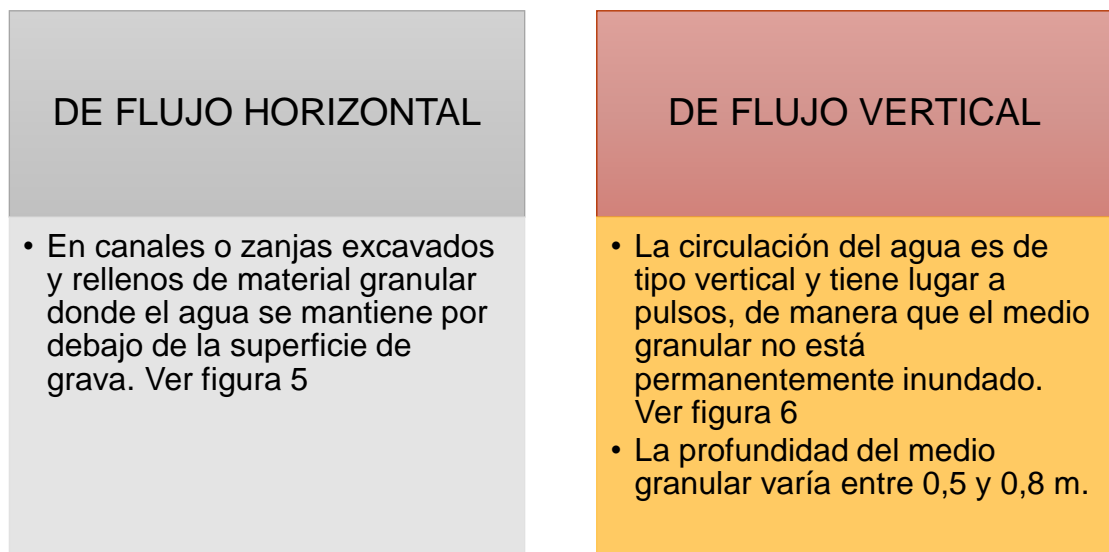
Los humedales artificiales de flujo subsuperficial están diseñados en canales o zanjas donde la lámina de agua no está en contacto con la atmosfera. La



profundidad de estos sistemas esta entre 0.3 a 0.9 metros (Estrada, 2010) y se utilizan específicamente para el tratamiento de algún tipo de agua residual, o su fase final de tratamiento (Zambrano, Saltos, & Villamar, 2009); la vegetación más utilizada es la anea y los juncos (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000).

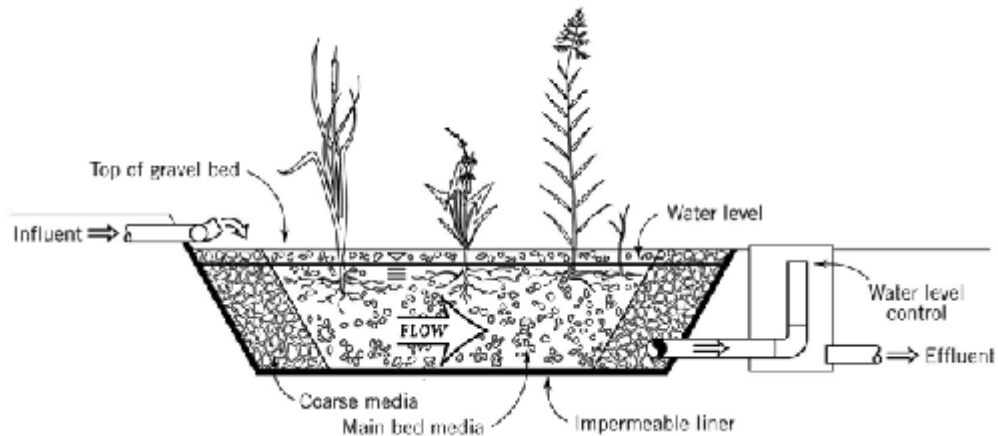
Entre los humedales artificiales de flujo subsuperficial existen 2 clases de sistemas, las cuales son:

*Figura 4. Clases de humedales artificiales de flujo subsuperficial*



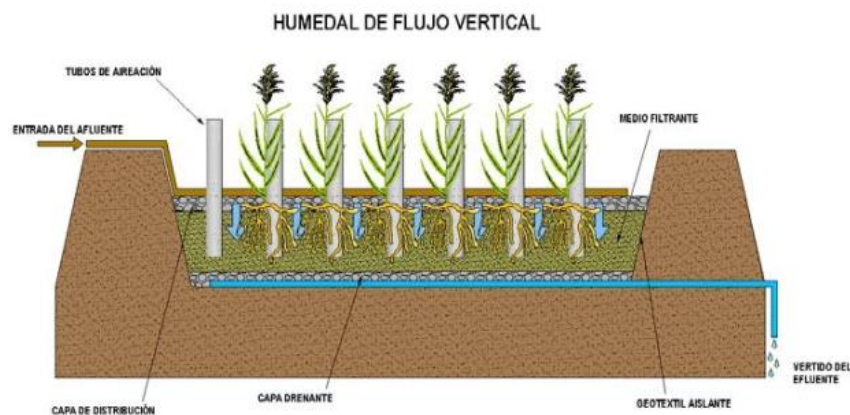
*Fuente: (Sánchez Font, 2010)*

Figura 5. Humedal artificial de flujo horizontal



Fuente: (NATURAL SYSTEMS, 2012)

Figura 6. Humedal artificial de flujo horizontal



Fuente: (SEDAQUA, 2012)

#### 4.2.2. PRECIPITACIÓN

Tomando como referencia el ciclo del agua, el movimiento continuo que hace el agua producto de la precipitación cae sobre la tierra, la cual una parte fluye a los ríos, humedales, lagos y demás fuentes en forma superficial; la otra porción de agua se infiltra en el suelo donde llega a los acuíferos (aguas subterráneas), donde en un proceso lento llega nuevamente a las fuentes hídricas superficiales. Por medio de la evaporación y evapotranspiración, el agua sube nuevamente a la atmósfera

donde realiza un proceso de condensación formando así las nubes. Finalmente, cuando la presión debida al incremento de agua en las nubes aumenta, se precipita en forma líquida o gaseosa y allí se repite de nuevo el ciclo. (Hernández, 2011)

Según el Sistema de información Ambiental de Colombia, la precipitación es el fenómeno meteorológico por el cual el vapor de agua se condensa y por acción de gravedad llega al suelo en forma de nieve, granizo, rocío o agua lluvia. (González & Correa, 2014). Este proceso tiene factores determinantes como la humedad atmosférica y la temperatura de condensación, de la humedad también depende otro factor como la evaporación. Esta toma tanto la evaporación del agua (mar, río, laguna, etc.) como la evapotranspiración presente en las plantas (Breña, 2004).

#### 4.2.2.1. TIPOS DE PRECIPITACIÓN

Según el Manual de Observaciones Climatológicas Superficiales los tipos de precipitación se clasifican en (Ver tabla 4):

*Tabla 3. Tipos de precipitación*

PRECIPITACION LIQUIDA	LLOVIZNA	Precipitación uniforme de finas gotas de lluvia con un diámetro inferior a 0.5 mm.
	LLUVIA	Precipitación de partículas de agua líquida, en forma de gotas de mayor diámetro de 0.5 mm, o de gotas más pequeñas ampliamente dispersas.
PRECIPITACION GLACIAL	LLOVIZNA HELADA	Gotas que se congelan en el impacto con el suelo o cerca de la superficie de la tierra.

	LLUVIA HELADA	Gotas que se congelan en el impacto con el suelo o cerca de la superficie de la tierra.
PRECIPITACION CONGELADA	NIEVE	La precipitación de cristales de hielo hexagonales.  A temperaturas $>-5^{\circ}\text{C}$ .
	NIEVE GRANULADA	La precipitación de partículas blancas y opacas de hielo sean esféricas o cónicas; su diámetro es de aproximadamente 2 a 5 mm.
	GRANOS DE NIEVE	La precipitación de granos muy pequeños blancos y opacos de hielo, son bastante planas o alargadas; su diámetro es generalmente inferior a 1 mm.
	GRANULOS DE HIELO	La precipitación de gránulos transparentes o translúcidos de hielo que son esférica o irregular, raramente cónica, con un diámetro de 5 mm o menos.
	GRANIZO	La precipitación de pequeñas bolas o trozos de hielo (granizo) con un diámetro comprendido entre 5 mm a 50 mm o más veces, y que entran ya sea por separado o condensado en trozos irregulares.

	CRISTALES DE HIELO	Cristales de hielo, en forma de agujas, columnas o placas, tan pequeños que parecen estar suspendidos en el aire.
OTROS DEPOSITOS	ROCIO	El agua se condensa en el césped y otros objetos cerca del suelo. La superficie sobre la que se forma el rocío se ha enfriado por la radiación durante la noche, a una temperatura por debajo del punto de rocío del aire circundante, pero todavía está por encima de cero.
	ESCARCHA	El aire con una temperatura de punto de rocío por debajo de cero se llevó a una saturación por enfriamiento. Escarcha es un depósito de enclavamiento cristales de hielo formados por sublimación directa sobre objetos
	RIME	Es un depósito de hielo blanco o lechoso y opaco "granular" formado por la congelación rápida del agua súper enfriada, se forma a medida que entra en contacto con un objeto expuesto.
	GLAZE	Es una capa de hielo, generalmente clara y lisa, formado sobre objetos expuestos por la congelación de una

		película súper enfriada de agua depositada por la lluvia, llovizna, niebla o posiblemente condensa desde el vapor de agua súper enfriado. Glaze es más denso, más duro y más transparente que la escarcha o hielo.
--	--	--

*Fuente: (METEOROLOGICAL SERVICE OF CANADA, 2013)*

En esta investigación los tipos de precipitación que se manejaran son: lluvia y llovizna de la precipitación líquida, y de la precipitación congelada el granizo.

La precipitación de la zona permitió determinar la viabilidad del proyecto, debido a que si la precipitación era muy baja no se tendría la capacidad necesaria para sustentar las actividades propuestas en el proyecto.

#### **4.2.3. SISTEMAS URBANOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS**

El aprovechamiento de aguas lluvias tiene principalmente 3 sistemas los cuales son recolección, conducción y almacenamiento, que a continuación se describen:

##### **4.2.3.1. RECOLECCIÓN**

Las superficies de captación o recolección son aquellas áreas preferiblemente techos de los edificios u hogares con una pendiente adecuada aproximadamente del 20% para permitir que el agua escurra hasta los sistemas de conducción, además se debe tener en cuenta que por cada mm de precipitación que cae en un metro cuadrado de superficie, equivale a un litro de agua. Los materiales de estas áreas de captación no deben tener un desprendimiento de contaminantes que puedan perjudicar la calidad del agua (Arango & Flórez, 2012), que, según la Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas pluviales en edificios, en España, las superficies de las áreas de captación deben ser de los siguientes materiales según la eficiencia en el coeficiente de esorrentía (AQUA ESPAÑA, 2011):

Tabla 4. Eficiencia de los tipos de tejado de acuerdo con el coeficiente de escorrentía

TIPO DE TEJADO	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Tejado duro inclinado	0.8 a 0.9
Tejado plano sin gravilla	0.8
Tejado plano con gravilla	0.6
Tejado verde	0.3 a 0.5
Superficie empedrada	0.5 a 0.8
Revestimiento asfáltico	0.8 a 0.9

Fuente: Adaptada por: Daniela Arias y Felipe Bernal de AQUA ESPAÑA, Óp. Cit., p. 7

#### 4.2.3.2. CONDUCCIÓN

El sistema de conducción se basa principalmente en los elementos que se requieren para transportar el agua desde el área de recolección hasta el lugar del almacenamiento, consta de tuberías y canaletas (Arroyo, 2010).

#### 4.2.3.3. ALMACENAMIENTO

El sistema de almacenamiento consiste en depositar el agua recolectada en tanques o sistemas naturales o artificiales, que la preserve en óptimas condiciones, la cual, no se presenten problemas por proliferación de plagas y contaminación además estos sistemas se deben realizar teniendo en cuenta el volumen total de recolección para así evitar rebosamientos de agua (Sanabria & Perez, 2012).

#### 4.2.4. LLENADO DE DATOS DE LAS ESTACIONES

La técnica de llenado de datos faltantes en las estaciones meteorológicas se realiza de acuerdo con el peso específico más significativo, mediante el método de correlación lineal. Se procede a escoger los pesos específicos más representativos

y se multiplican por el valor de la precipitación par y este resultado se divide por la cantidad de estaciones estudiadas (Aragón, 2007).

Para el estudio realizado, se utilizó esta técnica para el llenado de las variables de precipitación y temperatura, debido a que las estaciones escogidas no son automatizadas y por ello tienen casillas vacías que interfieren en las pruebas estadísticas.

$$\text{llenado de dato} = \frac{(T_x * P_x) + (T_y * P_y) + (T_z * P_z)}{n}$$

$T_i$  = *Peso Especifico de cada estación*

$P_i$  = *Valor de la Precipitación*

$n$  = *número total de estaciones*

#### 4.2.5. PRUEBA DE RACHAS

Es una prueba estadística no paramétrica, que busca establecer la homogeneidad en las series, en cada una de las estaciones. Para esto se sacan los promedios anuales, y de este conjunto se obtiene la mediana. Luego se comparan los promedios de precipitación anual, uno a uno, con la mediana; si el valor del promedio es mayor al de la mediana se denomina con la letra A y si es inferior con la letra B. Dependiendo de la cantidad de letras A y B, se determina si es homogénea de acuerdo con las siguientes ecuaciones (Aragón, 2007) Óp. Cit., p. 8:

$$P_{10} = -1.83 + 0.93N_A$$

$$P_{90} = 2.38 + 1.104N_A$$

Donde  $N_A$  es el número de datos de A y B, valores por debajo de  $P_{10}$  son tendencias, y por encima de  $P_{90}$  son oscilación; los términos contenidos entre  $P_{10}$  y  $P_{90}$  son la normalidad, o la homogeneidad de la serie por estación.



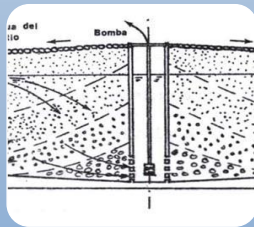
#### 4.2.6. ALJIBES

Un aljibe es un depósito de agua para el abastecimiento humano o agrícola. Los aljibes principalmente almacenan agua lluvia para su posterior uso, pues esta no tiene ningún costo; estos se construyen en zonas donde hay escasez o déficit de agua potable (Box, 1995).

##### 4.2.6.1. TIPOS DE ALJIBES

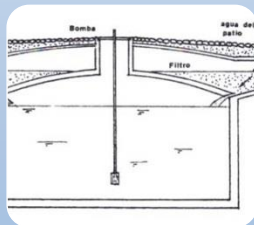
Dentro de los aljibes se distinguen 3 tipos, los cuales se explican a continuación en la figura 7:

Figura 7. Tipos de aljibes



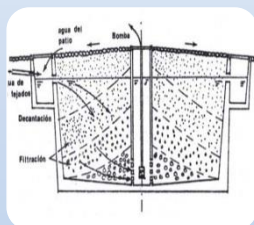
##### ALJIBES VENECIANO:

Consta de un volumen revestido, relleno de material filtrante, con un pozo central de toma y canales laterales de entrada donde se produce una decantación elemental. El agua pasa de los canales al interior de la masa filtrante, recorriéndola de arriba hacia abajo y entrando en el pozo por su parte inferior. El material filtro se subdivide en tres o en cuatro capas de granulometría diferente. Tiene la ventaja de que su bóveda se apoya directamente sobre el material filtro y el inconveniente de que su capacidad útil es de 30 al 40 % de su volumen total.



##### ALJIBES DE FILTRO SUPERIOR:

recoge el agua y esta pasa por un filtro situado en su parte más alta que desemboca en el aljibe propiamente dicho, de esta forma el agua no permanece en el filtro más tiempo del necesario para su filtración. Su bóveda es ahora autosoportada, pero su capacidad es casi del 100% de su volumen.



##### ALJIBES AMERICANO:

recoge y almacena el agua directamente, para el momento de su salida esta pasa por un filtro de arena de granulometría creciente, constituido por cilindricos concéntricos en torno al tubo de aspiración.

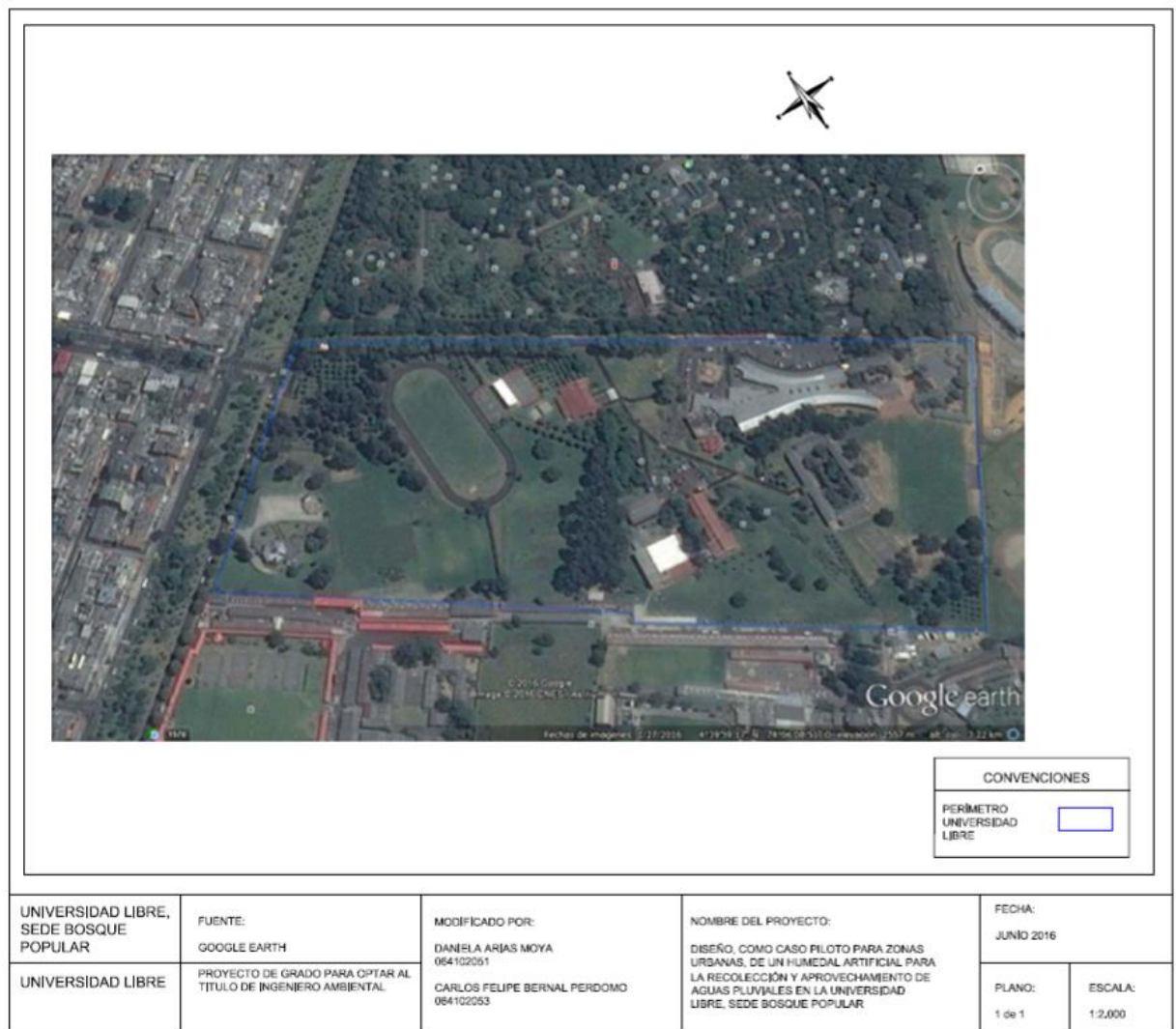
Fuente: Adaptada por Daniela Arias y Felipe Bernal de (Franco, 2014)

### 4.3. MARCO GEOGRÁFICO

#### 4.3.1. ÁREA DE INTERÉS

El área límite en el que se realizó el estudio del proyecto se localiza en la Universidad Libre sede Bosque Popular, ciudad de Bogotá, en la Calle 70 # 53 – 40, con coordenadas 4° 40' 04 N y 74° 06' 13 W, como se muestra en el siguiente mapa:

Mapa 1. Universidad Libre, Sede Bosque Popular



Fuente: (Arias & Bernal, 2016)

#### 4.3.2. CLIMATOLOGÍA

El clima es regulado principalmente por las corrientes de aire, para Bogotá el clima se comporta con un régimen de lluvia bimodal, que consta de dos periodos lluviosos al año siendo el primero entre abril y junio y entre septiembre a octubre el segundo; y los periodos secos ocurrirían entre enero y marzo, y entre julio y agosto, ya que la zona se halla enmarcada por un núcleo montañoso alto y muy frío, donde se evidencias los vientos húmedos provenientes de los llanos y la amazonia (CAR, 2006).

##### 4.3.2.1. CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.

De tal forma para Bogotá la caracterización del clima se divide en diferentes parámetros climáticos:

*Tabla 5. Caracterización de parámetros climatológicos para la ciudad de Bogotá*

<b>Caracterización de parámetros Climatológicos para la ciudad de Bogotá.</b>	
<b>PARÁMETROS</b>	<b>CARACTERIZACIÓN</b>
Precipitación	<p>La distribución a lo largo del año es de tipo bimodal y se genera por el paso de la Zona de Confluencia Intertropical, para los dos semestres del año. En el periodo húmedo del primer semestre siendo mayo el mes más húmedo se presenta un valor cercano a los 100 mm, en el segundo semestre siendo octubre el mes más húmedo del año la precipitación presenta un valor de 115 mm.</p> <p>Para los periodos secos en el primer semestre siendo enero el mes más seco muestra un valor de 50 mm, y para el segundo semestre se</p>

	<p>observa el mes más seco del año con una precipitación de 40 mm.</p> <p>Para un valor total anual promedio de 882 mm de lluvia aproximadamente.</p>
Evaporación	<p>La evaporación es de tipo uniforme a lo largo del año, presentando los registros más altos en los meses de enero a marzo, siendo enero el que presenta mayor representatividad; con un valor de 115 mm, el resto del año los valores fluctúan alrededor de los 80 mm.</p> <p>El valor promedio anual es de aproximadamente 1047 mm. Naturalmente se puede observar que la evaporación es más alta que la precipitación.</p>
Temperatura	<p>Los valores medios de temperatura presentaron una distribución de tipo bimodal, observando los valores más bajos entre junio y agosto, siendo julio el que presenta el menor registro con un valor de 13 °C; los valores más altos se presentan en los meses de febrero a mayo para el primer semestre, siendo abril el mes con mayor registro, con un valor de 14,5 °C, y noviembre en el segundo, con un valor promedio de 14 °C.</p> <p>El valor promedio anual es de 14 °C, en general se puede decir que la variación a lo largo del año no supera los 3 °C.</p>

Humedad relativa	<p>La humedad relativa media mensual presenta una distribución temporal de tipo bimodal, presentando los valores más altos en los meses de abril a julio, en el primer semestre de año, y de octubre a diciembre para el segundo, siendo los meses de abril y noviembre los más húmedos con un registro del 81%; los valores más bajos, se observan en los meses de enero y febrero observando a febrero con el menor registro, con un valor de 77,5%.</p> <p>El valor promedio anual es del 79,9%.</p>
------------------	---

*Fuente: Adaptado por Daniela Arias y Felipe Bernal de CAR, Óp. Cit., p. 56, 60, 70, 72.*

#### **4.3.2.2. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.**

De acuerdo a la metodología planteada por Caldas-Lang, se establece la clasificación climática para Bogotá, teniendo en cuenta los parámetros de temperatura, altura y factor de lluvia o índice de efectividad de la precipitación. Para Bogotá se observan los tipos climáticos de paramo bajo húmedo y paramo bajo semi húmedo. Luego, entre las cotas 2.500 y 2.700, se presenta un clima semi húmedo. Siendo esta la clasificación dada en la zona. CAR Óp. Cit., p. 80.

#### **4.3.2.3. ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS**

*Tabla 6. Características de localización estaciones meteorológicas*

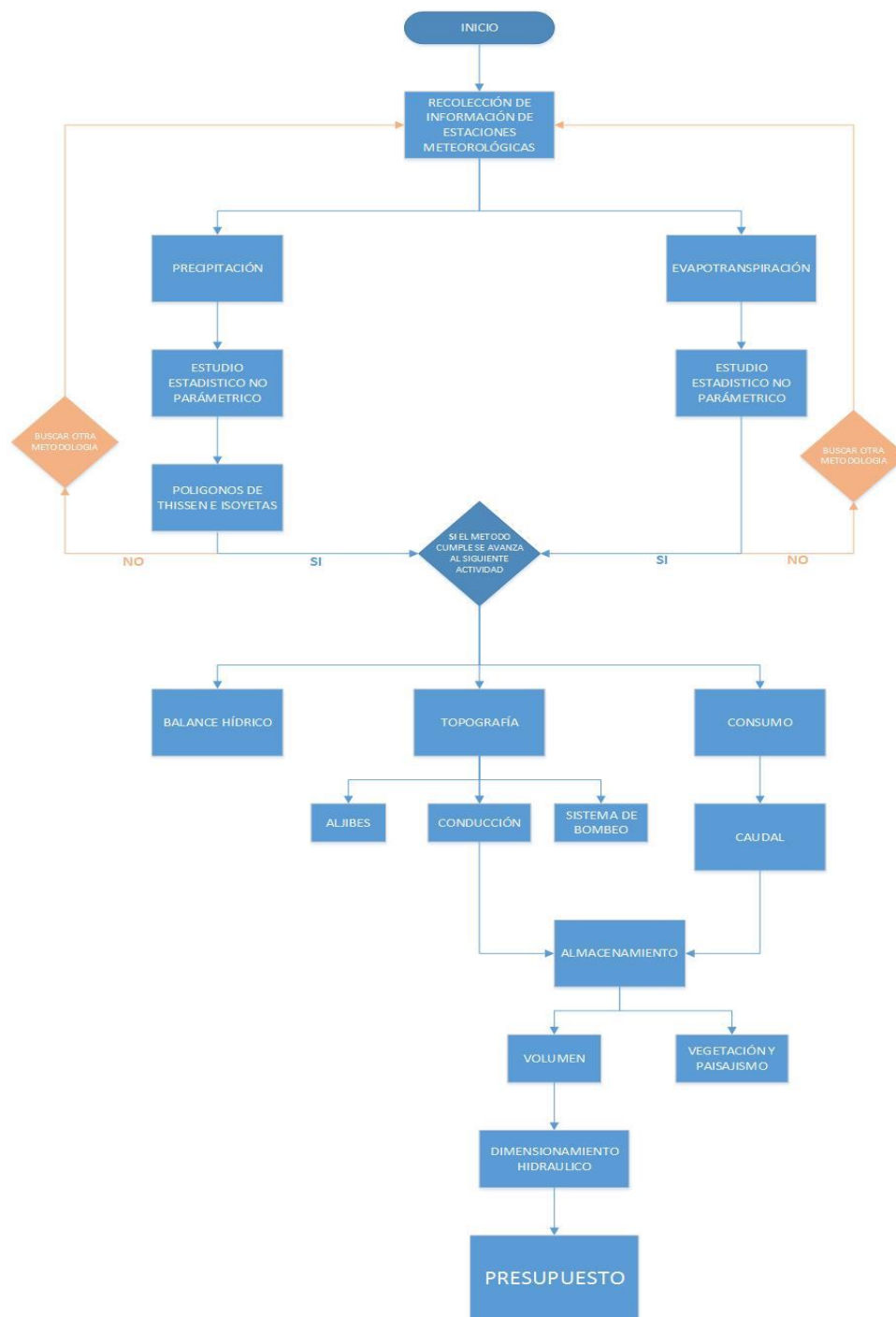
	ESTACIONES	LATITUD	LONGITU D	ALTITU D	TIPO DE ZONA	LOCALIDAD
IDE AM	Jardín Botánico	4°40' N	74°6' W	2552 m	Urbana	Barrios Unidos

	Aeropuerto	4°42' N	74°9' W	2547 m	Urbana	Engativá
	Universidad Nacional	4°38' N	74°5' W	2556 m	Urbana	Barrios Unidos
	INEM Kennedy	4°39' N	74°08' W	2580 m	Urbana	Kennedy
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE	Las Ferias	4°41' N	74°4' W	2552 m	Urbana	Engativá
	Centro de Alto Rendimiento	4°39' N	74°5' W	2577 m	Urbana	Barrios Unidos
	Fontibón	4°40' N	74°8' W	2591 m	Urbana	Fontibón
	Puente Aranda	4°37' N	74°7' W	2590 m	Urbana	Puente Aranda

Fuente: Autores

## **5. DIAGRAMA DE FLUJO (METODOLOGÍA)**

Figura 8. Diagrama de flujo (Metodología)



Fuente: Autores

## 6. DISPONIBILIDAD DE AGUA LLUVIA



## **6.1. METODOLOGÍA**

Inicialmente se realizó un estudio de la cantidad de pluviosidad que cae en el campus de la Universidad Libre, tomando estaciones meteorológicas del IDEAM y la Secretaria Distrital de Ambiente, y se halló el radio de representatividad de cada una de las estaciones, para determinar el volumen de agua lluvia que cae en la zona; partiendo de la diferencia de precipitación y evapotranspiración, se obtuvo la escorrentía superficial o balance hídrico. Los datos de las estaciones estudiadas se tomaron desde el año 1993 hasta 2013, donde se empleó la técnica de estadística e hidrometeorológica de llenado de datos y prueba de Rachas (Run Test) para la precipitación; para la evapotranspiración se utilizó la metodología de Thornthwaite.

Las estaciones meteorológicas de estudio son:

- Jardín Botánico (IDEAM)
- Universidad Nacional (IDEAM)
- Aeropuerto El Dorado (IDEAM)
- Fontibón (IDEAM)
- INEM Kennedy (IDEAM)
- Kennedy (Secretaria Distrital de Ambiente)
- Fontibón (Secretaria Distrital de Ambiente)
- Puente Aranda (Secretaria Distrital de Ambiente)
- Centro de Alto Rendimiento (Secretaria Distrital de Ambiente)
- Las Ferias (Secretaria Distrital de Ambiente)

## **6.2. RESULTADOS**

## 6.2.1. PRECIPITACIÓN

### 6.2.1.1. LLENADO DE DATOS

Debido a que los datos recopilados por el IDEAM y la Secretaria Distrital de Ambiente no se encuentran completos en cada una de las estaciones mencionadas anteriormente, exceptuando la del Aeropuerto El Dorado, ya que estas no son automatizadas, se realizó un llenado de datos por cada espacio en blanco, con la siguiente formula con respecto al método explicado en el numeral 4.2.2:

$$\text{llenado de dato} = \frac{(T_x * P_x) + (T_y * P_y) + (T_z * P_z)}{n}$$

$T_i$  = *Peso Especifico de cada estación*

$P_i$  = *Valor de la Precipitación*

$n$  = *número total de datos*

Con respecto a lo anterior, se muestra en la tabla 7 el correcto llenado de cada uno de los espacios en blanco por cada estación escogida para el estudio, los espacios que fueron completados se encuentran en color amarillo. Para ver con más detalle cada estación ver Anexos.

Tabla 7. Llenado de datos

JARDIN BOTANICO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1993	47,90	50,00	78,30	137,70	149,70	19,50	55,30	30,60	50,80	41,70	198,70	71,20
1994	20,72	55,21	90,71	84,14	90,82	31,37	83,10	74,00	84,90	51,30	176,60	6,60
1995	108,30	25,51	70,42	92,38	135,60	57,00	29,30	18,20	65,30	48,33	86,88	83,77
1996	26,80	67,68	61,08	74,60	132,90	58,70	65,70	101,60	199,70	111,50	39,70	30,10
1997	82,90	17,30	51,80	90,40	64,70	97,70	59,80	61,30	139,10	57,80	104,60	9,90
1998	66,80	63,50	88,00	112,50	191,30	53,60	106,50	45,90	121,20	141,00	132,30	179,00
1999	70,40	171,80	135,30	82,70	95,10	137,00	41,00	26,40	105,00	212,60	135,20	86,90
2000	62,50	200,20	124,90	85,50	87,60	103,30	34,50	19,50	68,30	136,90	74,00	21,72
2001	6,10	33,90	105,10	21,20	119,00	49,30	41,50	79,40	74,80	30,70	118,80	50,60
2002	11,32	68,60	72,50	306,30	121,60	139,30	42,50	35,80	85,70	106,60	91,20	98,20
2003	55,10	43,60	50,40	141,20	24,70	67,30	20,00	44,00	62,30	81,50	129,70	25,82
2004	119,10	45,69	50,30	116,00	136,90	72,40	30,30	41,80	35,40	190,30	140,20	33,40
2005	5,86	62,50	68,30	110,60	227,20	49,80	13,46	4,48	17,20	225,40	81,20	109,90
2006	73,90	43,30	179,10	262,90	208,60	117,40	8,29	86,50	48,30	195,80	142,60	22,95
2007	78,10	49,90	85,70	66,97	40,82	28,14	29,30	34,20	28,00	266,90	140,00	144,60
2008	5,67	67,00	144,10	112,50	212,90	135,30	190,50	55,20	82,40	183,00	185,80	94,60
2009	102,40	112,70	149,80	89,70	17,40	68,90	73,20	41,70	98,10	140,30	60,40	78,20
2010	1,03	44,30	28,80	229,20	222,90	99,90	49,70	58,60	23,30	174,40	220,30	180,20
2011	6,00	100,40	178,00	299,10	144,80	65,60	36,30	9,32	6,83	193,60	275,90	202,70
2012	8,45	81,50	137,30	246,80	47,60	39,70	16,19	2,23	2,11	134,90	53,40	43,80
2013	2,02	79,50	120,10	138,50	167,40	56,00	13,05	11,04	1,32	54,80	155,97	119,23

Fuente: Autores

### 6.2.1.2. PRUEBA DE RACHAS

Con el resultado del llenado de datos se utilizó la técnica prueba de rachas para determinar si las estaciones de estudio son homogéneas o no, y con ello se establece si sus datos pertenecen a una oscilación o una tendencia.

Inicialmente, se toma la cantidad de años recopilados de las estaciones hidrometeorológicas para el estudio, los cuales equivalen a 21; seguido a esto se establecen dos datos adicionales que corresponden a dos unidades por encima y dos por debajo. Como se evidencia en la tabla 8, se reemplaza los datos de acuerdo con la siguiente ecuación, siendo  $N_A$  la cantidad de años:

$$P_{10} = -1.83 + 0.93N_A$$

$$P_{90} = 2.38 + 1.104N_A$$

Tabla 8. Prueba de rachas

		0,1	0,9
19	9	6,54	12,316
21	10	7,47	13,42
23	11	8,4	14,524

Fuente: Autores

Posteriormente, se determina las variables de A y B teniendo en cuenta la media y mediana; el valor de A corresponde si la media es mayor a la mediana y el valor de B si la media es menor que la mediana. Siguiendo con el método, se cuenta la cantidad de letras A y B dentro de la estación y si esta se encuentra en el rango de 7,47 y 13,42 de acuerdo a la anterior tabla, se establece que la estación es homogénea.

Las estaciones homogéneas resultantes fueron: Inem Kennedy y Jardín Botánico. (Ver anexo 2).

#### 6.2.1.3. CURVA DE DOBLES MASAS

De acuerdo a los resultados de la prueba de rachas, las estaciones que no cumplen con las especificaciones se les aplica el método de curva de doubles masas. En este método se tomaron las estaciones no homogéneas (Aeropuerto, Universidad Nacional, Las Ferias, Fontibón Secretaria, Puente Aranda y Centro de Alto Rendimiento) de la cual se obtiene una estación patrón con el promedio de las estaciones anteriormente mencionadas.

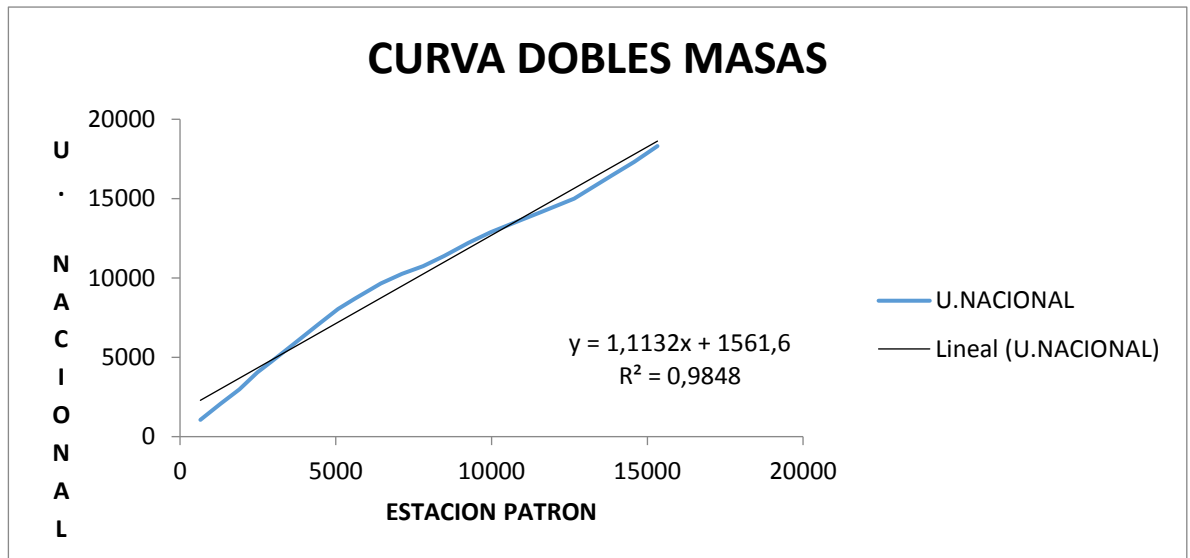
Tabla 9. Estación patrón resultado de curva de dobles masas

AÑO	EST. PATRON
1993	653,52
1994	1296,60
1995	1911,35
1996	2478,82
1997	2920,64
1998	3655,24
1999	4410,32
2000	5071,26
2001	5605,46
2002	6443,58
2003	7128,88
2004	7800,68
2005	8479,78
2006	9259,22
2007	9968,50
2008	10915,85
2009	11614,79
2010	12651,75
2011	13856,04
2012	14578,74
2013	15326,66

*Fuente: Autores*

El siguiente paso es trazar las curvas, graficando en el eje y los valores de cada una de las estaciones y en el eje x los valores de la nueva estación patrón, como se muestra en la figura 8. (Para ver con más detalle cada una de las curvas, remitirse a anexos).

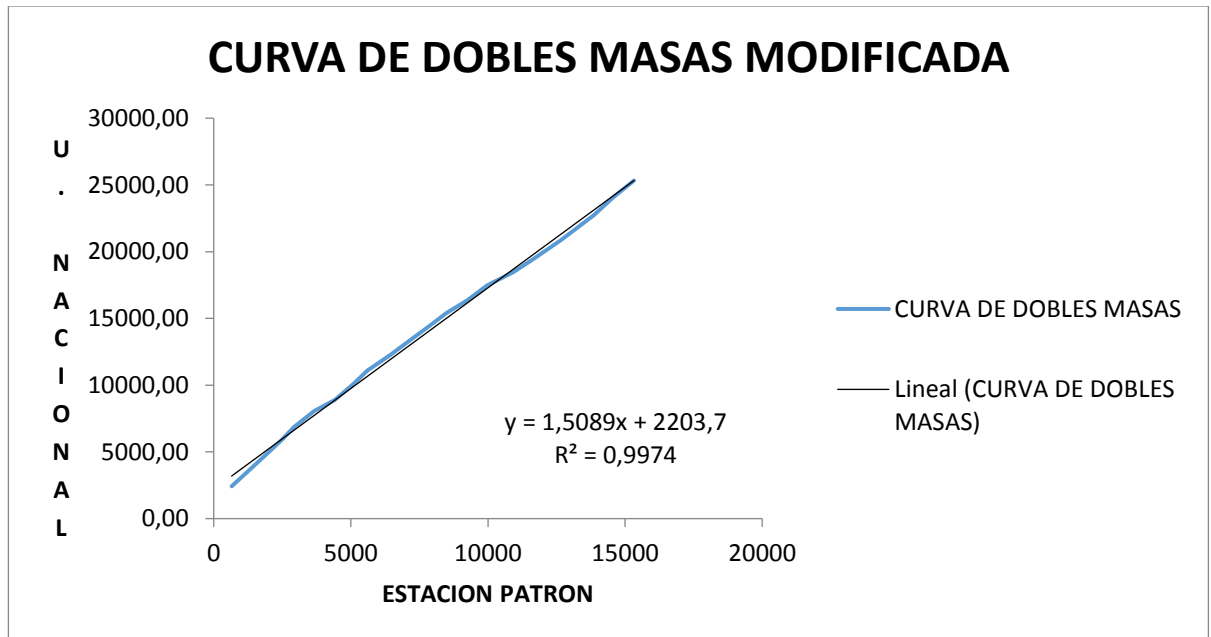
Figura 9. Curva de dobles masas



Fuente: Autores.

De acuerdo con la gráfica, se traza una la línea de tendencia lineal, lo cual permite observar la dispersión de los datos. Por esta razón se corrigen los datos hasta lograr una curva similar a la línea de tendencia como se muestra en la figura 9.

Figura 10. Curva de dobles masas modificada

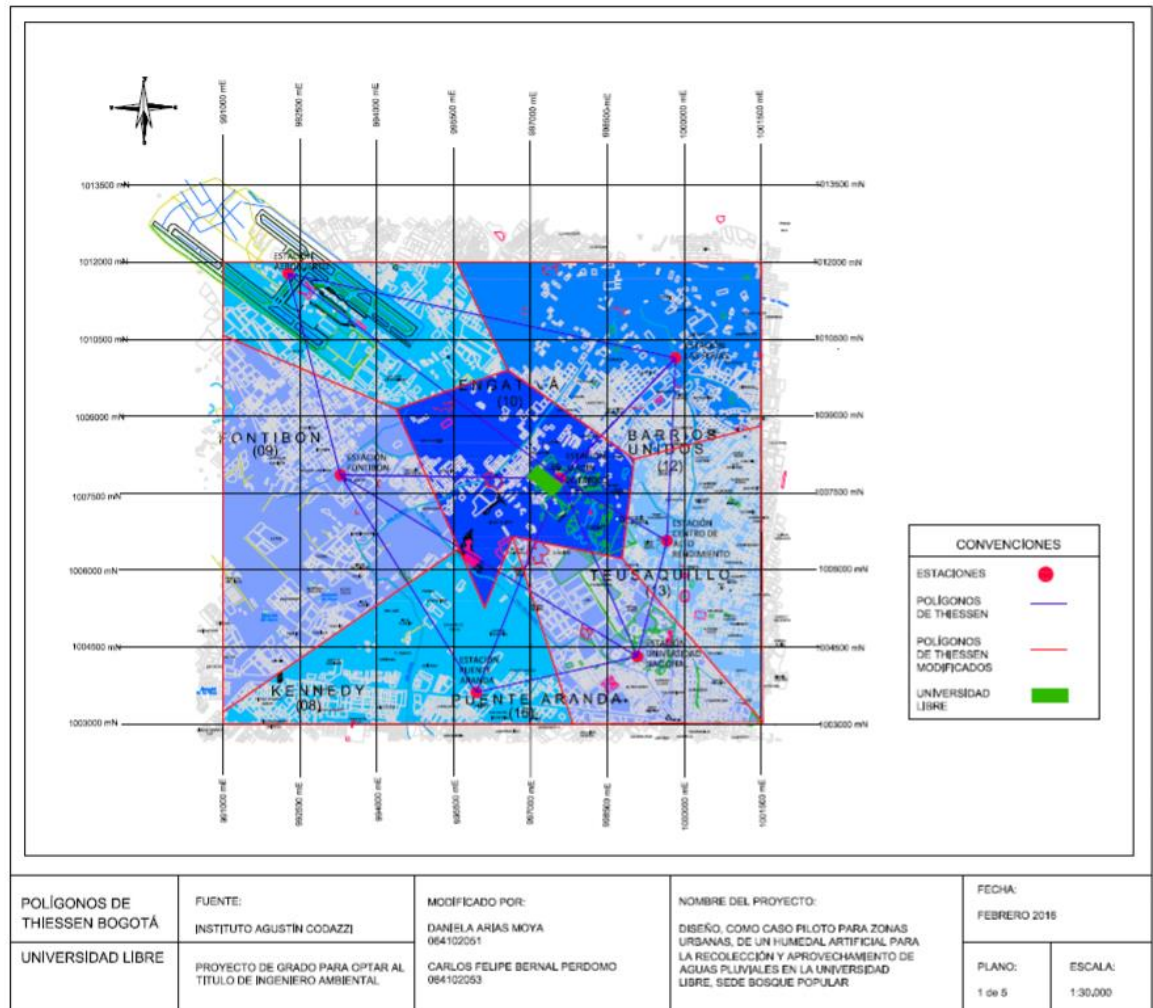


Fuente: Autores.

#### 6.2.1.4. POLÍGONOS DE THIESSEN

Los polígonos de Thiessen resultantes se muestran en el mapa 2, obteniendo un total de 7 polígonos. Por ultimo en la tabla 10, se evidencia el área de cada polígono correspondiente a cada estación.

Mapa 2. Polígonos de Thiessen



Fuente: Adaptado por Daniela Arias y Felipe Bernal del Mapa Digital de Bogotá realizado por el Instituto Agustín Codazzi

*Tabla 10. Polígonos de Thiessen*

ESTACION	AREA (km <sup>2</sup> )
LAS FERIAS	17077
AEROPUERTO	11582
FONTIBON	20613
PUENTE ARANDA	13591
JARDIN BOTANICO	11837
U. NACIONAL	9093
CENTRO ALTO RENDIMIENTO	10702
TOTAL	94498

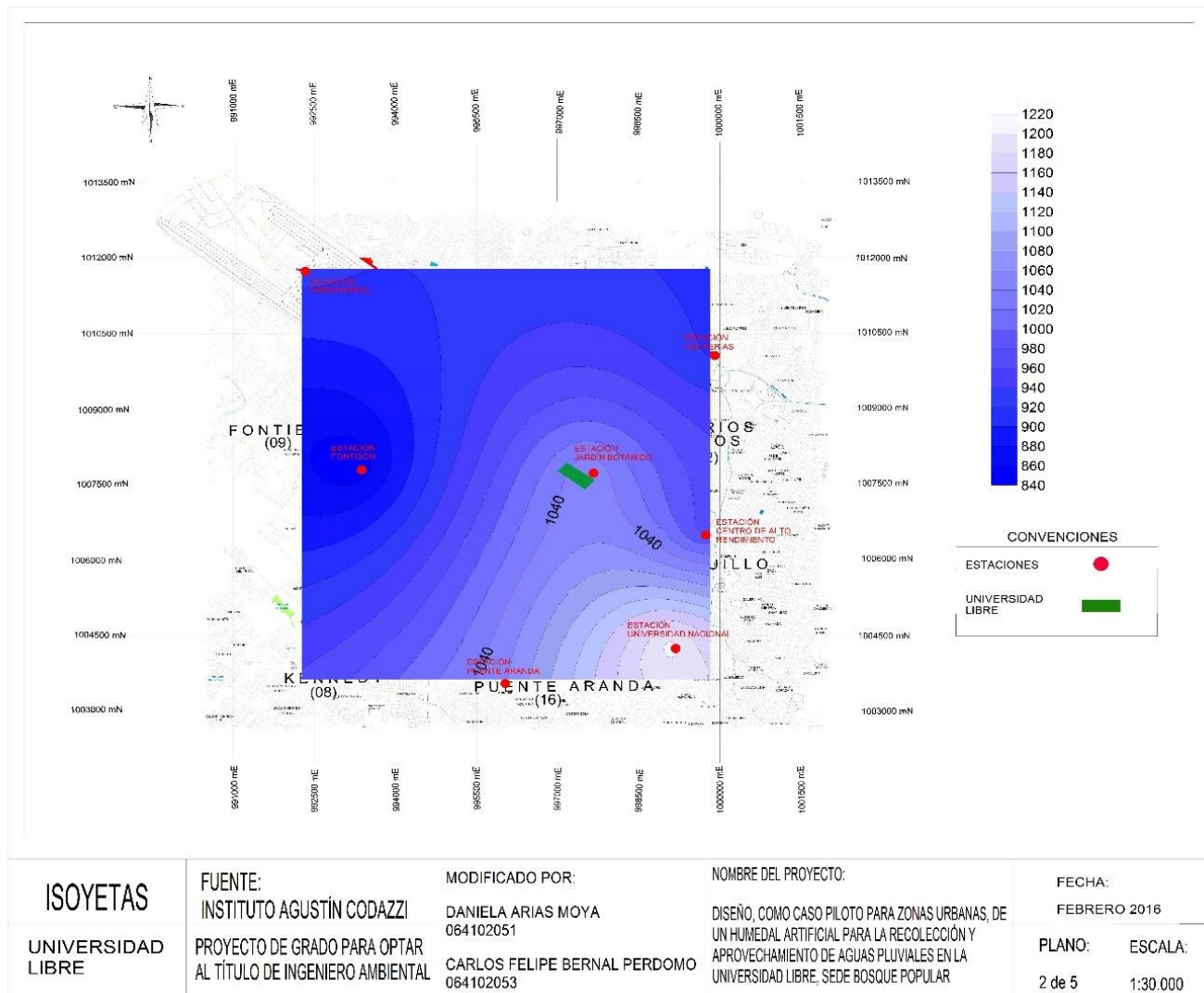
*Fuente: Autores.*

#### **6.2.1.5. ISOYETAS**

Las isoyetas son realizadas inicialmente ejecutando los polígonos de Thiessen y determinando el promedio de precipitación por cada estación. Luego, por medio del programa Surfer se obtuvieron las isoyetas teniendo como base el mapa digital de Bogotá a una escala de 1:30.000 cómo se evidencia en el mapa 3.



Mapa 3. Isoyetas Universidad Libre



Fuente: Adaptado por Daniela Arias y Felipe Bernal del Mapa Digital de Bogotá realizado por el Instituto Agustín Codazzi

De acuerdo al mapa realizado, la curva más representativa para la Universidad Libre corresponde a 1040 mm/año, valor cercano a la estación del Jardín Botánico.

## 6.2.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN

### 6.2.2.1. LLENADO DE DATOS

El llenado de datos se realizó a los datos de temperatura por cada estación utilizando un promedio de los datos ya proporcionados por la entidad.

### 6.2.2.2. MÉTODO DE THORNTHWAITE

Para obtener la evapotranspiración de cada estación, se aplicó el método de Thornthwaite, el cual se determina por medio de la temperatura y se ajusta de acuerdo a la latitud de la zona, en este caso a la latitud sur, la cual se muestra en la tabla 11 el ajuste perteneciente a la zona de Colombia. En el anexo se evidencia los datos llenados en color amarillo.

$$i = (T/5)^{1.514}$$

$$ETP = e * L$$

$$a = (675 * (10)^{-9} * I^3) - (771 * (10)^{-7} * I^2) + (1972 * (10)^{-5} * I) + 0.49239$$

Tabla 11. Ajuste ETP Mensual, Método de Thornthwaite

LAT SUR	5
E	1,04
F	0,95
M	1,04
A	1
M	1,02
J	0,99
J	1,02
A	1,03
S	1
O	1,05
N	1,03
D	1,06

Fuente: Autores.

### 6.2.2.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN TEÓRICA

En la fase del cálculo de la evapotranspiración, el llenado de datos generó una incertidumbre alta aproximadamente del 99%, debido a que ninguna estación evalúa esta variable climatológica por medio de un equipo especializado, de este modo se decidió utilizar el dato teórico para tener una mayor confiabilidad en el estudio.

El dato teórico como se muestra en la tabla 12, se tomó del Plan de Manejo Ambiental del Humedal de Capellanía, el cual es el más cercano a la zona de estudio.

*Tabla 12. Evapotranspiración Teórica*

MES	EVAPOTRANSPIRACIÓN
ENERO	76,6
FEBRERO	70,7
MARZO	70,6
ABRIL	59,5
MAYO	63,5
JUNIO	61,3
JULIO	62,5
AGOSTO	67,7
SEPTIEMBRE	67,8
OCTUBRE	70,0
NOVIEMBRE	62,5
DICIEMBRE	59,7

*Fuente:* (ACUEDUCTO DE BOGOTÁ - CONSERVACIÓN INTERNACIONAL, 2008)

### 6.2.3. BALANCE HÍDRICO

El Balance Hídrico se determina de la diferencia entre la precipitación acumulada, de la estación del Jardín Botánico que como anteriormente se menciona es la más representativa; y la evapotranspiración teórica acumulada del Humedal de Capellanía; además, como se evidencia en la Tabla 13, se encuentra un dato adicional que corresponde al acumulado de las variables descritas, el cual representa el tiempo (meses) necesario para alcanzar el volumen óptimo del humedal supliendo los servicios que demande la universidad.

Tabla 13. Balance Hídrico

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN	45,78	70,67	98,57	138,14	125,69	73,68	49,50	41,99	66,67	132,35	130,64	80,64
PRECIPITACIÓN ACUMULADA	45,78	116,45	215,02	353,16	478,85	552,53	602,03	644,02	710,69	843,04	973,68	1054,31
EVAPOTRANSPIRACIÓN	76,60	70,70	70,60	59,50	63,50	61,30	62,50	67,70	67,80	70,00	62,50	59,70
EVAPOTRANSPIRACIÓN ACUMULADA	76,60	147,30	217,90	277,40	340,90	402,20	464,70	532,40	600,20	670,20	732,70	792,40
BALANCE HÍDRICO	-30,82	-30,85	-2,88	75,76	137,95	150,33	137,33	111,62	110,49	172,84	240,98	261,91
ACUMULADO	-30,82	-61,67	-64,55	11,21	149,16	299,49	436,82	548,44	658,92	831,76	1072,74	1334,65
ACUMULADO m3	-1.541,045	-3.083,559	-3.227,464	560,503	7.458,085	14.974,491	21.840,901	27.421,777	32.946,123	41.587,945	53.636,787	66.732,505

Fuente: Autores.

## **6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **6.3.1. Precipitación**

De acuerdo a los resultados presentados del estudio estadístico no paramétrico de las 10 estaciones hidrometeorológicas escogidas para el proyecto, finalmente las estaciones que cumplen para el estudio se describen a continuación:

- Aeropuerto (IDEAM)
- Jardín Botánico (IDEAM)
- Universidad Nacional (IDEAM)
- Las Ferias (Secretaría Distrital de Ambiente)
- Fontibón (Secretaría Distrital de Ambiente)
- Puente Aranda (Secretaría Distrital de Ambiente)
- Centro de Alto Rendimiento (Secretaría Distrital de Ambiente)

A partir de los datos de las estaciones, se determinó que la estación más característica es la del Jardín Botánico, no solo por su ubicación geográfica, sino que además por su radio de representatividad de acuerdo al estudio estadístico realizado; la cual corresponde a una precipitación de 1040 mm/año, que abarca la zona de estudio (Campus Universidad Libre).

Por otra parte, el total de datos de las estaciones fue de 1.764, los cuales 660 fueron llenados, donde representa el 37,41%. Con este porcentaje se da una confiabilidad del 63% en el estudio desarrollado.

### **6.3.2. Evapotranspiración**

Al realizar el cálculo de la evapotranspiración por el método de Thornthwaite, se estableció que el método no fue lo suficientemente válido y apropiado, sin embargo, se realizó una revisión bibliográfica de diferentes métodos para la determinación de la evapotranspiración real, pero cada uno de estos no se consideraron pertinentes para el estudio. Por lo tanto, se decidió escoger un dato teórico del Plan de Manejo

Ambiental del humedal de Capellanía que abarca una metodología que tiene en cuenta variables como vegetación, clima, precipitación, temperatura, brillo solar, entre otras; para realizar el balance hídrico correspondiente.

### **6.3.3. Balance Hídrico**

El Balance hídrico se determinó con el fin de analizar el tiempo de retención de las aguas lluvias para el diseño del humedal, dando como resultado que en los meses de enero a marzo hay un déficit debido a que la evapotranspiración es mayor a la cantidad de precipitación, sin embargo, durante los siguientes meses hay un exceso significativo lo que representa la viabilidad del proyecto para la demanda que requiere la universidad.

## **7. CONSUMO DE AGUA**

### **7.1. METODOLOGÍA**

Para esta etapa se requirió obtener la información del agua que demanda la universidad, investigando el consumo actual e histórico desde el 2013 hasta el 2014 a través de los recibos de acueducto y alcantarillado que registran dicho consumo.

### **7.2. RESULTADOS**

En la siguiente tabla se registró la cantidad de m<sup>3</sup> de agua que demanda de la Universidad Libre sede Bosque Popular desde el mes de diciembre del 2012 hasta febrero de 2014.

Tabla 14. Consumo de agua en la Universidad Libre, sede Bosque Popular

PERIODO	CONCEPTO	CONSUMO (m <sup>3</sup> )
DIC 2012-ENE 2013	ACUEDUCTO	2170
	ALCANTARILLADO	2170
ENE-FEB2013	ACUEDUCTO	2794
	ALCANTARILLADO	2794
FEB-MAR 2013	ACUEDUCTO	2241
	ALCANTARILLADO	2241
MAR-ABR 2013	ACUEDUCTO	2348
	ALCANTARILLADO	2348
ABR-MAY 2013	ACUEDUCTO	2353
	ALCANTARILLADO	2353
MAY-JUN 2013	ACUEDUCTO	1793
	ALCANTARILLADO	1793
JUN-JUL 2013	ACUEDUCTO	2415
	ALCANTARILLADO	2415
JUL-AGO 2013	ACUEDUCTO	2187
	ALCANTARILLADO	2187
AGO-SEP 2013	ACUEDUCTO	2187
	ALCANTARILLADO	2187
SEP-OCT 2013	ACUEDUCTO	2290
	ALCANTARILLADO	2290
OCT-NOV 2013	ACUEDUCTO	2290
	ALCANTARILLADO	2290
NOV-DIC 2013	ACUEDUCTO	2290
	ALCANTARILLADO	2290
DIC 2013-ENE 2014	ACUEDUCTO	2290
	ALCANTARILLADO	2290
ENE-FEB 2014	ACUEDUCTO	2290
	ALCANTARILLADO	2290
	PROMEDIO	2281,285714

Fuente: Autores.

### 7.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta los registros obtenidos a partir de los recibos del servicio de acueducto y alcantarillado se estableció que el consumo promedio del campus de la Universidad Libre es de 2281 m<sup>3</sup> que corresponde al año 2013.

## **8. DISEÑO HIDRÁULICO Y PAISAJÍSTICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO**

### **8.1. METODOLOGÍA**

La etapa de diseño se basó en las estructuras de recolección, conducción y almacenamiento (humedal).

#### **8.1.1. RECOLECCIÓN.**

En la primera parte de esta etapa se definió el diseño del sistema de recolección, de acuerdo con la cantidad de agua que cae en el campus, en este caso la oferta investigada anteriormente que se recurrió como información puntual junto con la topografía del terreno que determinó el tipo de sistema que se deberá usar en la Universidad. Además de la infraestructura, la cual precisará el área total de recolección en las edificaciones, en cuanto a las zonas verdes el agua que se infiltra se recolecta de forma subterránea por medio de aljibes en diferentes puntos del campus, cantidad y localización de estos que se definió con base en la pendiente del terreno. Igualmente, en cuanto al agua recolectada en los aljibes se tuvo en cuenta el uso consuntivo, que es el agua que no puede ser captada debido a la absorción de esta por la vegetación.

#### **8.1.2. CONDUCCIÓN**

En esta etapa se realizó el diseño del sistema de conducción, que se estableció a partir de la cantidad de agua lluvia recolectada de la fase anterior, y se conducirá hasta la zona de acumulación (humedal artificial). En las edificaciones se tomarán las cajas de aguas lluvias correspondientes el cual se conducirán por medio de tuberías y en los aljibes se instalará un sistema de bombeo, donde el agua recolectada será llevada al humedal.



### **8.1.3. ALMACENAMIENTO**

En la etapa de almacenamiento se determinaron todos los elementos de diseño con respecto al humedal artificial y aljibes, allí se tendrán en cuenta los parámetros de diseño en los que se involucrarán:

- Volumen total: el volumen se definió de acuerdo al resultado del balance hídrico propio de la zona y el consumo de la población, tomando en cuenta las reservas de agua requeridas para incendios y consumo de planteles educativos establecidos por la normatividad colombiana.
- La profundidad: la profundidad tendrá relación con el área inundable del sistema, tomando la profundidad máxima de seguridad.
- Entrada y salida del flujo de agua.
- Vegetación: la vegetación será escogida de acuerdo a la climatología del lugar, y especies adecuadas que permitan un óptimo funcionamiento del sistema del humedal artificial.
- Sistema controlador de excesos definido como vertedero.

Así mismo, los aljibes recolectaran y almacenaran el agua subterránea infiltrada en el suelo, antes de ser enviada al sistema principal de almacenamiento, estos dependerán principalmente de la conductividad hidráulica y las especificaciones dichas en la etapa de recolección.

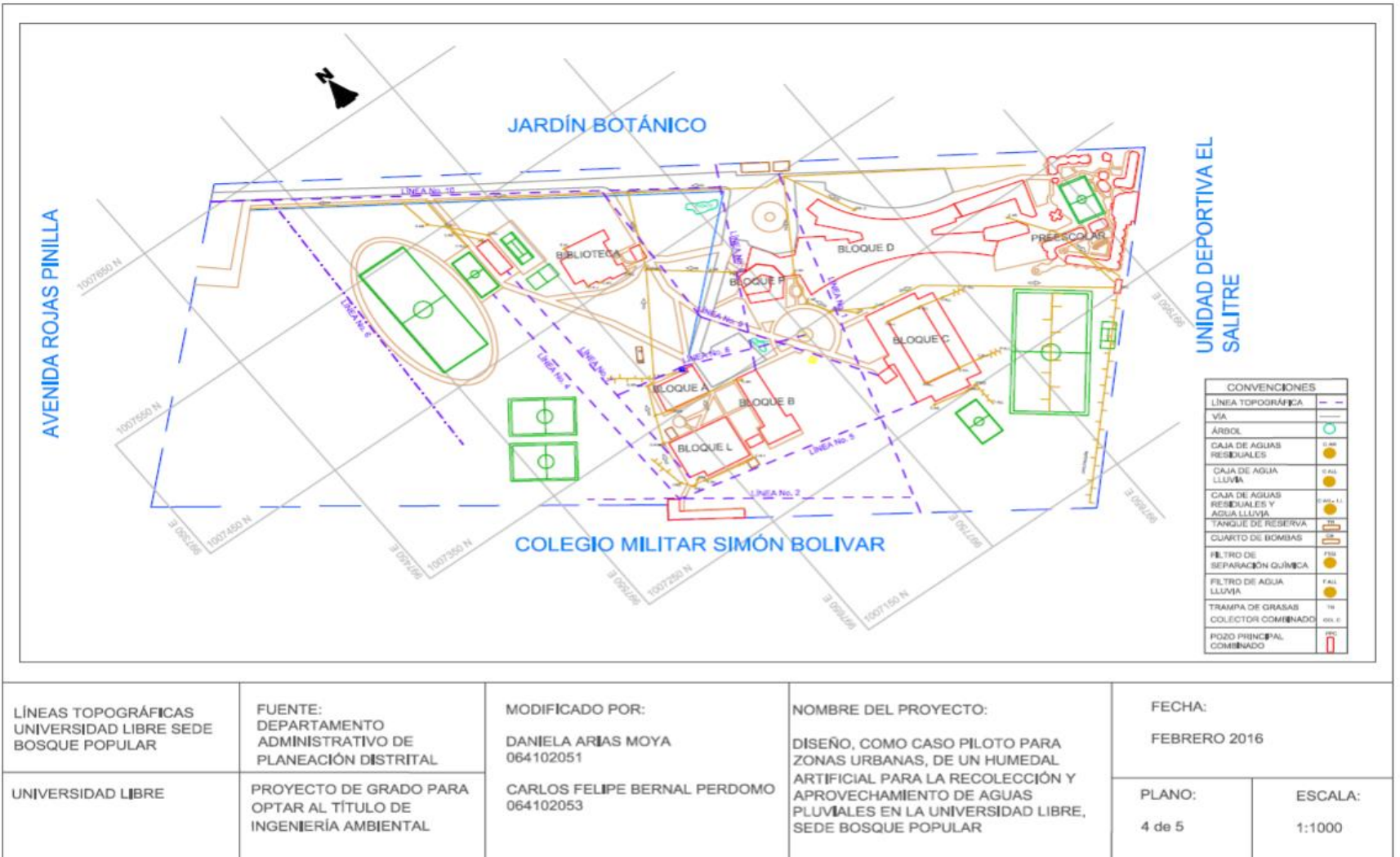
## **8.2. RESULTADOS**

### **8.2.1. RECOLECCIÓN**

#### **8.2.1.1. TOPOGRAFÍA**

A partir del plano de la infraestructura de la Universidad, se plantearon las líneas más representativas que abarcaron y definieron la topografía necesaria para la elaboración del sistema de conducción como se muestra en el Plano 1.

Plano 1. Trazado Líneas Topográficas



Fuente: Autores.

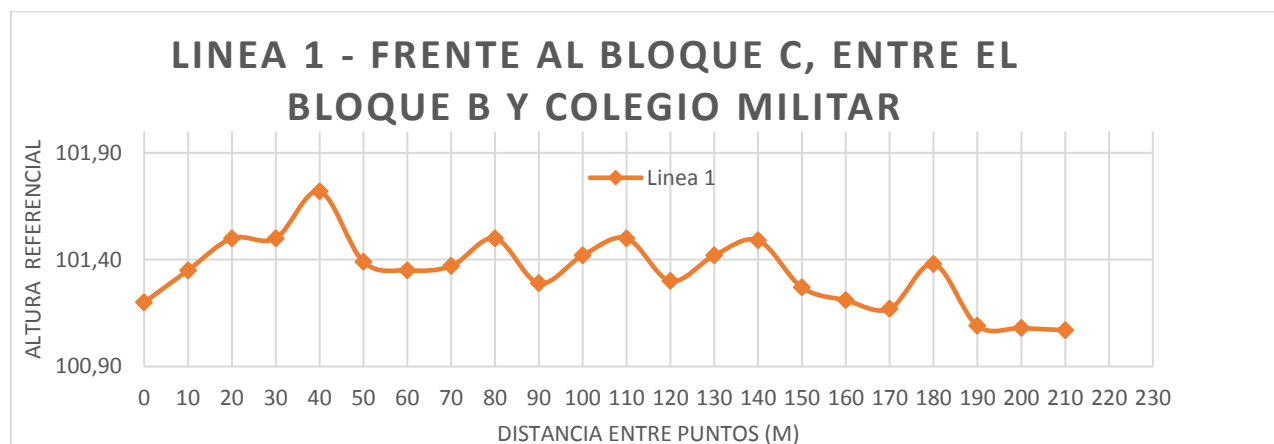
La nivelación de las líneas topográficas planteadas, se realizaron con ayuda de los estudiantes de cuarto semestre en la asignatura de Topografía, con seguimiento y control por parte del Director de proyecto y los autores. En la siguiente tabla se evidencia la cartera topográfica a una de las líneas trazadas.

<i>Línea 1</i>				
<i>Punto</i>	<i>h</i>	<i>Cota</i>	<i>h+Cota</i>	<i>Distancia (m)</i>
<i>BM</i>	1,20	100,00	101,20	0
1	1,35	100,00	101,35	10
2	1,50	100,00	101,50	20
3	1,50	100,00	101,50	30
4	1,72	100,00	101,72	40
5	1,39	100,00	101,39	50
6	1,35	100,00	101,35	60
<i>BM</i>	1,37	100,00	101,37	70
7	1,50	100,00	101,50	80
8	1,29	100,00	101,29	90
9	1,42	100,00	101,42	100
<i>BM</i>	1,50	100,00	101,50	110
10	1,30	100,00	101,30	120
11	1,42	100,00	101,42	130
12	1,49	100,00	101,49	140
13	1,27	100,00	101,27	150
<i>BM</i>	1,21	100,00	101,21	160
14	1,17	100,00	101,17	170
15	1,38	100,00	101,38	180
16	1,09	100,00	101,09	190
17	1,08	100,00	101,08	200
18	1,07	100,00	101,07	210

*Fuente: Autores.*

A continuación, se realizaron los perfiles topograficos para cada una de las lineas como se evidencia en la figura 11.

Figura 11. Perfil Topográfico 1



Fuente: Autores.

#### 8.2.1.2. Diseño Aljibes

El diseño de los aljibes se basa en el “*Estudio para la prospección de agua subterránea y el método de extracción en la universidad libre de Bogotá, sede el bosque*” elaborado por los Ing. Ernesto Torres y Carlos Grata, docentes de la universidad; en el cual se realizaron 2 sondeos que establecieron la siguiente tabla de datos:

Tabla 15. Sondeo 1

**S. E. V. - 1.**

Capa	Profundidad	Resistividad	Interpretación Hidrogeológica
	( metros )	(Ohmios-mt)	
1	0 – 1.7	282.3	Capa vegetal
2	1.7 – 2.2	2.9	Arcillas
3	2.2 – 17.2	32.5	Arcillas, limos y. FORMACIÓN SABANA
4	17.2 – 33.1	11.9	Arcillas, limos, turbas y arenas secas. FORMACIÓN SABANA
5	33.1 – ?	22.4	Arcillas y limos. FORMACIÓN SABANA

Fuente: (Torres & Grattz, 2015)

Tabla 16. Sondeo 2

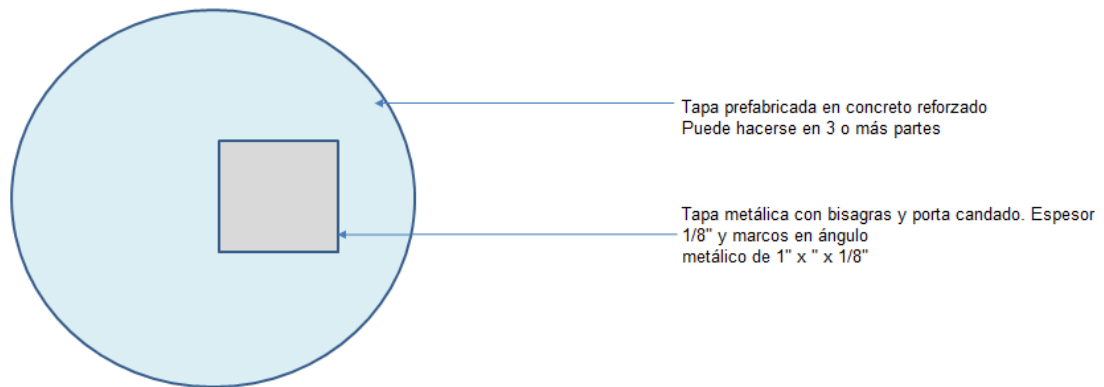
**S. E. V. - 2.**

Capa	Profundidad	Resistividad	Interpretación Hidrogeológica
	( metros )	(Ohmios-mt)	
1	0 – 1.5	259	Capa vegetal
2	1.5 – 2.4	8.5	Arcillas
3	2.4 – 36	25.6	Arcillas, limos, turbas y arenas secas. FORMACIÓN SABANA
4	36 – 64.6	11.4	Arcillas y limos. FORMACIÓN SABANA
5	64.6 - ?	18.3	Arenas saturadas con agua e intercalaciones de arcillas, limos y turbas. FORMACIÓN SABANA

Fuente: (Torres & Grattz, 2015)

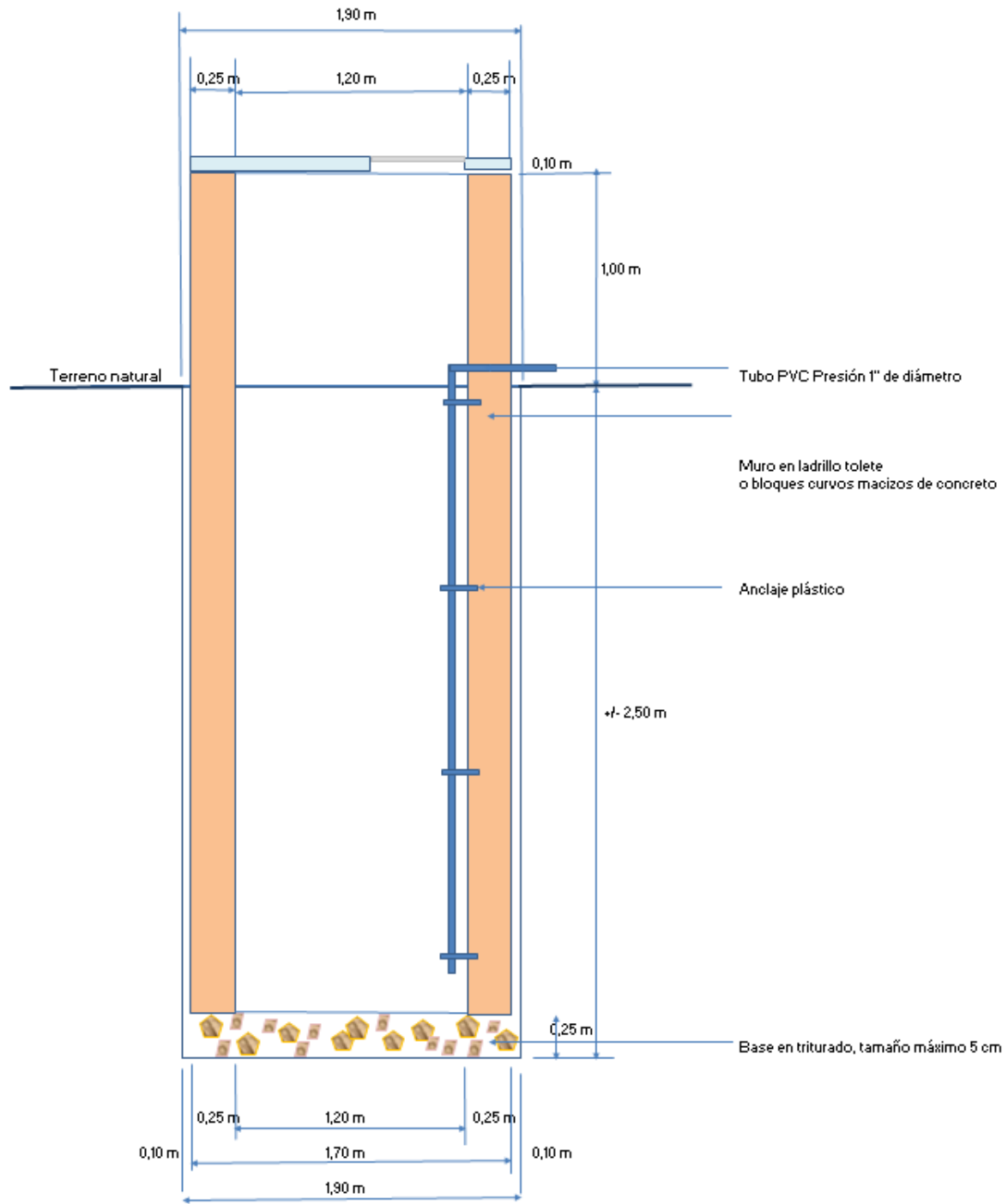
Con respecto a lo anterior, se establece el número de aljibes a diseñar y se determina la profundidad favorable y dimensionamiento adecuado para el correcto planteamiento del esquema de cada aljibe, como se muestra a continuación:

*Figura 12. Parte superior aljibe*



*Fuente: Autores*

Figura 13. Diseño aljibe



Fuente: Autores

Finalmente, a partir del dimensionamiento del aljibe y del estudio de suelos mencionado, se establece el caudal de operación el cual se deriva a través del índice de permeabilidad y el área del aljibe; que determinan el volumen máximo y el tiempo de llenado; que son variables o factores fundamentales en el sistema recolección y conducción.

A continuación, se muestra en la tabla 17 el índice de permeabilidad utilizado para el tipo de suelos a una profundidad de 2,5 m, la profundidad escogida para el diseño de los aljibes y los humedales:

*Tabla 17. Índice de permeabilidad*

Tipo de Suelo	Índice de permeabilidad en cm/h
<b>Arcillo limosos</b>	0.25

*Fuente:* (Permeabilidad del suelo)

Posteriormente, para evaluar el caudal se toma el dato de la tabla anterior el cual equivale a la velocidad de flujo que es multiplicado por el área planteada del aljibe, reemplazando en la siguiente fórmula:

$$Q = \text{Índice de permeabilidad} * (2 * \pi * \text{radio}(h \text{ altura} + \text{radio}))$$

$$Q = \left( 0.25 \frac{\text{cm}}{\text{h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) * (2 * \pi * 0,6 \text{ m}(2,5 \text{ m} + 0,6 \text{ m}))$$

$$Q = 21.04 \text{ m/mes}$$

### 8.2.2. CONDUCCIÓN

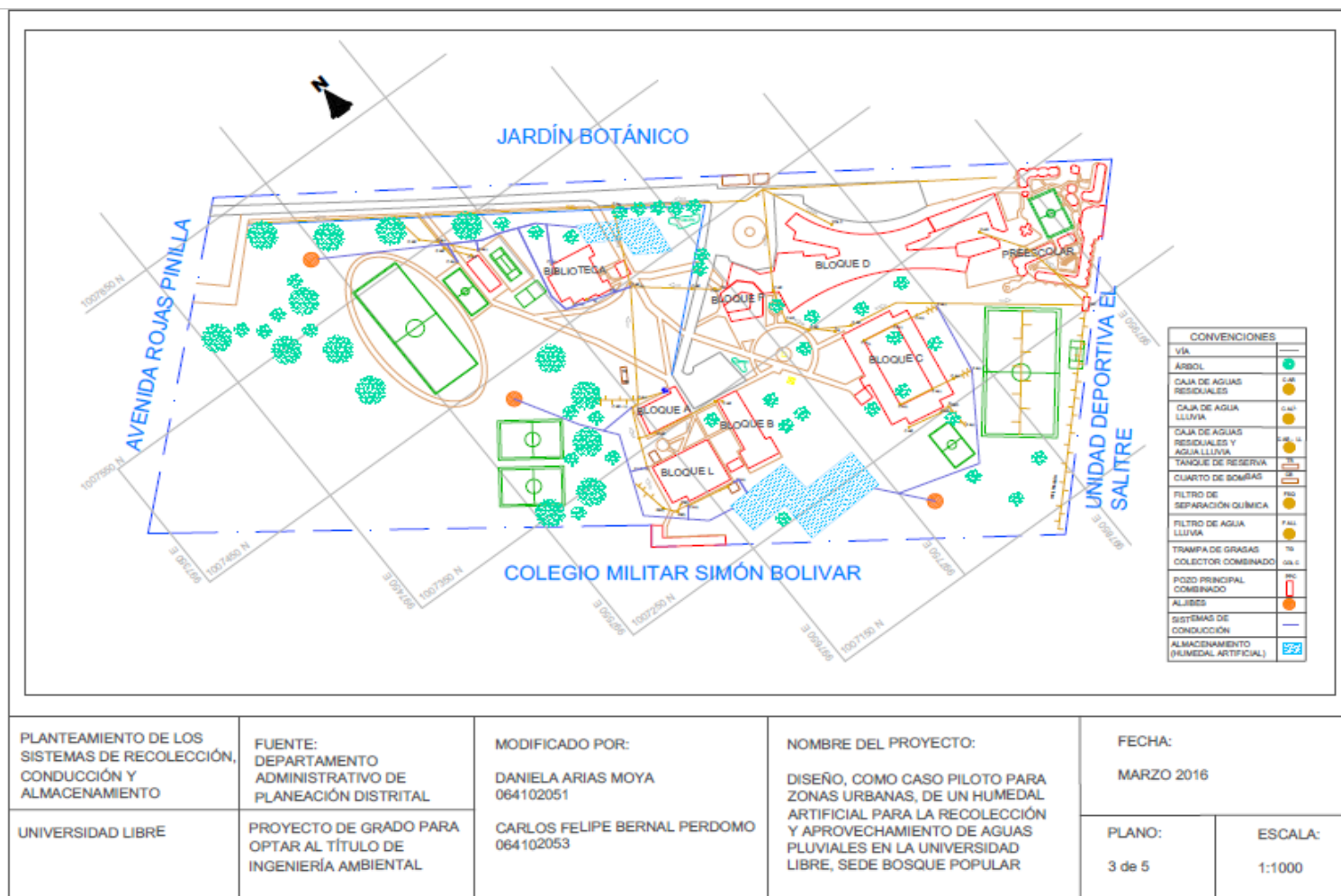
Inicialmente a partir de las cotas, niveles o diferencias de altura establecidos se determina el trazado del sistema de conducción más óptimo, de modo que se evite interceptar algún tipo de obstáculo (edificación, camino u otros) que impida u ocasione un valor agregado al diseño del sistema; así mismo se realizaron los cálculos hidráulicos de acuerdo al material adecuado y la cantidad de accesorios



necesarios para lograr conducir el agua recolectada en los diferentes puntos al sitio de almacenamiento.

La tubería seleccionada para el sistema es de presión en material PVC; además de esto para hallar las pérdidas pertinentes se toma el caudal con base en el consumo mensual descrito anteriormente, en donde el caudal es dividido entre cada una de las entradas al sitio de almacenamiento como se muestra en el plano 2.

Plano 2. Sistemas de conducción y almacenamiento



Fuente: Autores

### a. Diámetro de succión e impulsión

Los diámetros de succión e impulsión se determinan de acuerdo a los caudales establecidos y de la siguiente ecuación:

$$\phi = \frac{4 * Q}{\pi * v}$$

siendo  $v$  la velocidad de succión  $= 1 \text{ m/s}$  y la de impulsión  $2 \text{ m/s}$

De acuerdo a los cálculos de los diámetros, el resultado fue menos de 1/2", en donde se decide aproximar a 1" para dar mayor holgura al paso del agua dentro de la tubería.

### b. Perdidas

Para la determinación de las pérdidas se toma como referencia la metodología de *Hazen Williams*, la cual establece las pérdidas locativas y por fricción para el sistema de conducción anteriormente planteado. Aplicando las siguientes formulas, siendo  $h_f$  las pérdidas por fricción y  $h_L$  las perdidas locativas:

$$h_f = 0,014 * 0,083 * \text{Longitud real} * \left( \frac{Q^2}{\phi^5} \right)$$

$$h_L = 0,083 * \left( \frac{Q^2}{\phi^4} \right) * \sum \text{pérdidas por accesorios}$$

Como derivación de los cálculos efectuados tanto en pérdidas locativas y por fricción, se realiza el Bernoulli para determinar la altura dinámica del sistema de bombeo, en la tabla 18 se muestran los accesorios propuestos con cada una de sus pérdidas, por otro lado, en la tabla 19 se describen los resultados del cálculo de las perdidas correspondientes:

Tabla 18. Pérdidas por accesorios

ACCESORIOS	PERDIDAS
VALVULA PIE + COLADERA	7,3
TEE SALIDA BILATERAL	1,7
CODO 90°	0,7
CODO 45°	0,4
CURVA 45°	0,2
ENTRADA	0,3
SALIDA	0,7
UNIÓN 5°	0,016
VALVULA DE COMPUERTA ROSCADA	0,4

Fuente: Autores

Tabla 19. Pérdidas locativas y por fricción tramo 1

TRAMO 1 LAGO 2 SECCIÓN 1	Locativas	Caudal	21,04	8,11728E-06	6,58903E-11
		Ø	0,0032	1	4,16231E-07
		válvula pie + coladera	1	7,3	
		entrada	1	0,3	
		codo 90°	1	0,7	
		Longitud real		83,87	
		Unión	13	0,208	
		Σ perdidas		92,378	
		Total			0,001213761
	fricción	Caudal		8,11728E-06	6,58903E-11
		Ø	0,003214848	1	1,05723E-08
		Longitud real		83,87	
		Total		0,000607387	

Fuente: Autores

Finalmente, se determina la altura dinámica empleando la siguiente ecuación:

$$H_B = (Z_2 - Z_1) + \sum Perdid\text{as}$$

Tabla 20. Altura dinámica tramo 1 para sistema de bombeo

Total, Locativas	0,888 m
Total, Fricción	0,472 m
Total, Perdidas	1,360 m
Diferencia de Altura	3,00 m
Hb	4,360 m

Fuente: Autores

En la tabla 21, se evidencia el total de las pérdidas por el sistema de conducción planteado para cada uno de los tramos anteriormente manifestados en el plano 2.

Tabla 21. Pérdidas totales del sistema de conducción

Pérdidas totales en toda la tubería	6,49 m
--	--------

Fuente: Autores

### c. Sistema de Bombeo

Este sistema es definido a partir de las pérdidas generadas y de la altura dinámica determinada anteriormente; dando como resultado un equipo de bombeo de las siguientes características:

Tabla 22. Características Sistema de Bombeo

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
TIPO DE BOMBA	CENTRIFUGA CARACOL SUPER ELÉCTRICA 1A – 1/3 W
CONEXIÓN SUCCIÓN	1.1/4" NPT
CONEXIÓN DESCARGA	1"
ALTURA MAXIMA	20 m

CAUDAL MAX	38 GPM
CAUDAL MEDIO	20 GPM
POTENCIA	1/3 HP
MOTOR	Monofásica
VELOCIDAD	3500 RPM

Fuente:(IGNACIO GOMEZ IHM S.A.S)

### **8.2.3. ALMACENAMIENTO**

#### **8.2.3.1. VOLUMEN**

En la determinación del volumen de agua del humedal se realizó una evaluación en donde se compararon las diferentes variables que permitieron proyectar el acumulado y factibilidad que tendrá el cuerpo de agua para su respectivo aprovechamiento.

El volumen agua está determinado de acuerdo con el consumo de la universidad ( $2.281 \text{ m}^3$ ), además del área de captación del agua lluvia ( $50.000 \text{ m}^2$ ) (Ver tabla 23) y la precipitación en el lugar. Como se evidencia en la Tabla 24, a disponibilidad de agua es suficiente para suplir el consumo que demanda la universidad.

Además, para la determinación del volumen no se trabajó directamente con el consumo, sino que se establece un porcentaje del 36% adicional para definir el almacenamiento del humedal.

Tabla 23. Variables diseño del volumen del humedal

2.281 m <sup>3</sup>	CONSUMO
3.111	136%
50.000 m <sup>2</sup>	ÁREA
62,2	mm

Fuente: Autores

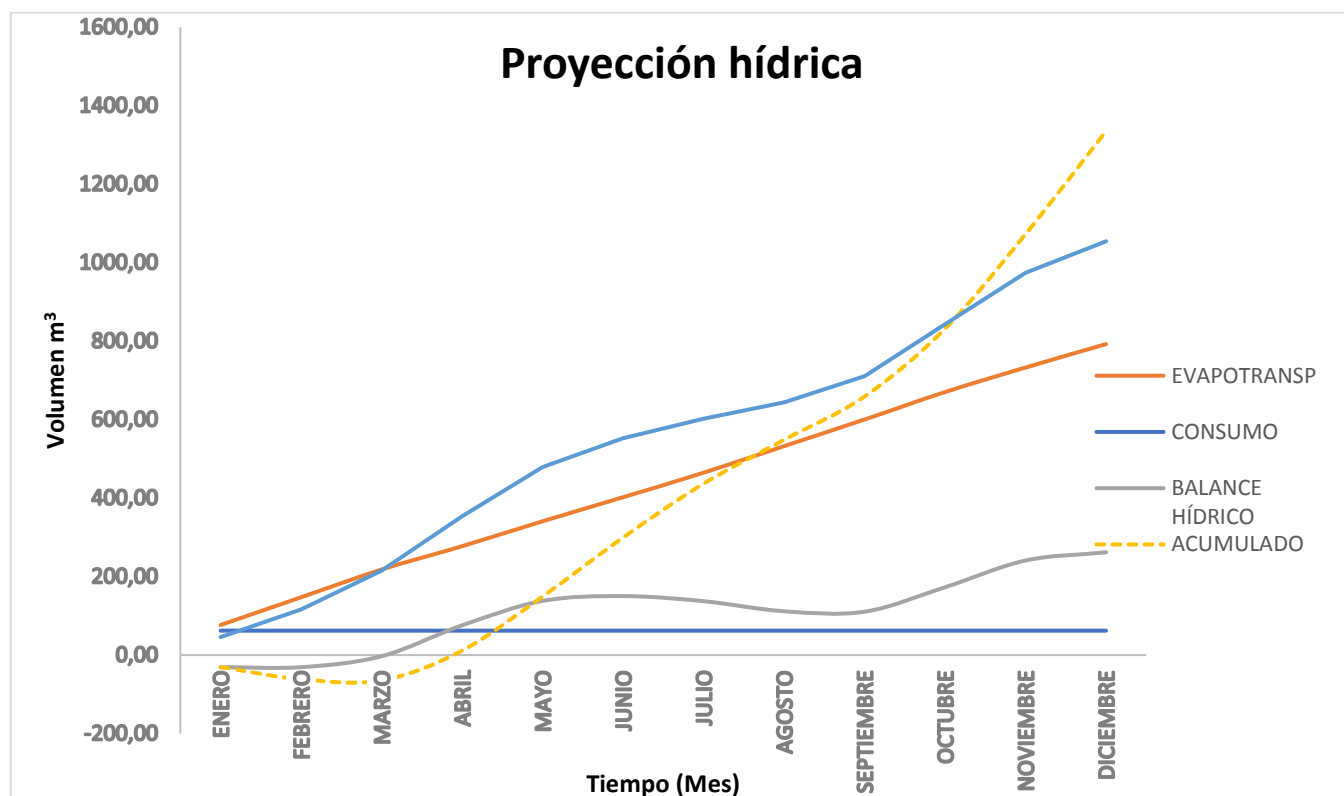
Tabla 24. Acumulado

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACIÓN (mm)	45,78	70,67	98,57	138,14	125,69	73,68	49,50	41,99	66,67	132,35	130,64	80,64
PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	45,78	116,45	215,02	353,16	478,85	552,53	602,03	644,02	710,69	843,04	973,68	1054,31
EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)	76,60	70,70	70,60	59,50	63,50	61,30	62,50	67,70	67,80	70,00	62,50	59,70
EVAPOTRANSPIRACIÓN ACUMULADA (mm)	76,60	147,30	217,90	277,40	340,90	402,20	464,70	532,40	600,20	670,20	732,70	792,40
BALANCE HÍDRICO (mm)	-30,82	-30,85	-2,88	75,76	137,95	150,33	137,33	111,62	110,49	172,84	240,98	261,91
ACUMULADO (mm)	-30,82	-61,67	-64,55	11,21	149,16	299,49	436,82	548,44	658,92	831,76	1072,74	1334,65
ACUMULADO (m <sup>3</sup> )	-1.541	-3.083	-3.227	560	7.458	14.974	21.840	27.421	32.946	41.587	53.636	66.732

Fuente: Autores

Por otro lado, en la Figura 14 se muestra de manera más detallada el comportamiento de cada mes teniendo en cuenta las variables de consumo, precipitación, evapotranspiración y el balance hídrico correspondiente, que permitió evaluar el volumen que tiene el humedal.

Figura 14. Proyección hídrica



Fuente: Autores

### 8.2.3.2. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

A partir del volumen propuesto anteriormente se concluyó que el volumen del humedal debería ser del doble, con el fin de que haya una disponibilidad de agua para emergencias y contingencias, además de mantener un espejo de agua, lo cual es equivalente a  $6.101\text{m}^3$ . Por tal razón, se establece que se realizarán 2 humedales con el fin de no ocupar tanta área del campus. En la tabla 24, se puede observar la relación largo - ancho y la profundidad de cada uno de los humedales propuestos.



Tabla 25. Relación Largo - Ancho y Profundidad Humedales

DIMENSIONES	HUMEDAL 1		HUMEDAL 2	
	Celda 1 1,5 m	Celda 2 2,5 m	Celda 1 1,5 m	Celda 2 2,5 m
W	23	29	13	15
L	46	58	26	30
w	20	24	10	10
l	40	48	20	20
Volumen m³	1389	3522	399	792
Volumen Parcial m³	4911		1191	
Volumen Total m³	6101			
Área de espejo m²	1058	1682	338	450
	2740		788	

Fuente: Autores

### 7.2.3.3. VEGETACIÓN Y PAISAJISMO

Además del diseño hidráulico elaborado se propone realizar dentro de cada humedal un diseño o implantación de flora netamente nativa de los humedales con el fin de darle atraer fauna silvestre correspondiente este tipo de ecosistemas, darle un desarrollo paisajístico y un confort a la población universitaria del campus de universidad libre.

La vegetación recomendada para los humedales cumple un importante papel para el ecosistema, colaboran con la producción primaria, regulación de la calidad del agua, aportan detritus al sistema, absorben y liberan nutrientes, compiten entre ellas mismas, facilitan la diversificación de hábitats y alimento faunístico.

De acuerdo a lo anterior a continuación se plasman plantas acuáticas que fueron escogidas para el desarrollo paisajístico y eco sistémico de los humedales:

- **Botoncillo**



(*Bidens laevis*)

**Familia:** Asteraceae

**Nombres comunes:** Botoncillo, masiquía, chipaca, guaca negra.

En algunas regiones de Cundinamarca y Boyacá se le conoce como *Masiquía*, (*Prob. de la lengua maya en Yucatán Matsab-quitam, que se aplica a la misma especie*)

Puede alcanzar el 1 metro de altura, de la familia Asteraceae, la misma de los Arbolocos (*mallanthus pyramidalis*), de ahí la similitud en su flor. Existen grandes poblaciones en los Humedales de Córdoba y Conejera.

**Usos:** El botoncillo, se utiliza para el control de la gota, hielos o tizón tardío. También el follaje se usa en forma de té para aliviar cólicos y sirve como insecticida.

- **Junco Fino**



(*Juncus effusus*)

**Familia:** Juncacea

**Nombres comunes:** Junco bogotano, Junco fino, junco de estera, esparto.

En la región Andina Colombiana se le conoce como Esparto, crece hasta los 150 cm. No es tan frecuente como el junco (*Schoenoplectus californicus*), se pueden ver algunos en las orillas del Humedal Santa María del Lago, humedal El Salitre, Capellanía, Torca – Guaymaral, Conejera, Tibabuyes y sobreviven pocos en los predios del desaparecido Humedal de Hayuelos.

**Usos:** Tiene usos en la construcción, además se utiliza en diversas artesanías, como es el caso de la Laguna de Fúquene, donde los pescadores de la Laguna de Fúquene (Cundinamarca), a fin de contribuir a solucionar la problemática de la laguna (Exceso de vegetación) y mejorar sus ingresos, se han dado a la tarea de explorar las opciones artesanales que brindan las plantas acuáticas para elaborar y adornar bolsos, bateas, floreros y materas, entre otros productos.

- **Lenteja de agua**



(*Lemna gibba*)

**Familia:** Araceae

**Nombres comunes:** Lenteja de agua, lentejillas.

No supera los 5 mm de largo, de rápida reproducción, esta especie absorbe todo tipo de nutrientes, no constituye un problema para el ecosistema, ya que sirve de alimento a peces y microbios, además de consumir agentes contaminantes. Se convierte en problema por su carga contaminante en la cadena alimenticia y por la obstrucción en el paso de la luz solar en el proceso de fotosíntesis a nivel acuático (13).

**Usos:** Son alimento para aves y humanos, practica para nada popular en los habitantes de Bogotá. Se puede observar en el Humedal la Libélula y Meandro del Say.

- **Buchón Cuchara**



(*Limnobiium laevigatum*)

**Familia:** Hydrocharitaceae

**Nombres comunes:** Buchoncito, buchón de esponja, cucharita.

Su nombre es originado por sus hojas gruesas por el envés, a manera de “buche” (6). A semejanza a una cuchara.

Su utilidad radica en que vitaliza las aguas de suerte que donde ella crece se desarrollan muy bien los pececillos nativos, tales como las guapuchas y los capitanes. Es fácil de observar en las orillas del Humedal Santa María del Lago, adicional se puede ver en otros humedales de Bogotá.

**Usos:** Como purificador de aguas residuales, se utiliza en procesos de compostaje.

### 8.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### **8.3.1. RECOLECCIÓN**

#### **a. Topografía**

Al realizar la topografía, se identificó los puntos más bajos en el área del campus ubicado en la parte posterior de los bloques L y B, además de la zona que abarca la biblioteca y el parqueadero del bloque D.

Así mismo, los aljibes fueron localizados en las zonas más altas con el fin de permitir una conducción más eficiente. Finalmente, al realizar el ajuste y análisis de la nivelación topográfica se determina que la diferencia de alturas no supera 1 m, por lo que se deduce que el terreno se considera con una pendiente relativamente homogénea exceptuando la zona que limitan con las canchas de fútbol como se evidencia en los anexos.

#### **b. Diseño de los aljibes**

Como se mencionó anteriormente, los aljibes fueron ubicados en zonas estratégicas para su eficiente recolección, además su diseño se basó de acuerdo al estudio realizado por los Ingenieros de la universidad (numeral 7.2.1.2.) explicando el tipo de suelo, y su profundidad en m para cada uno; dando como referencia la profundidad más óptima para cada aljibe que corresponde a lo mostrado en el numeral mencionado, ya que esta profundidad establece un límite de impermeabilidad del suelo que nos permite evitar cualquier tipo de infiltraciones o sirve como material impermeable para aumentar el tiempo de retención del agua dentro de cada aljibe.

### **8.3.2. CONDUCCIÓN**

#### **h. Diámetro de succión e impulsión**

Para el cálculo de los diámetros a partir de las formulas mencionadas anteriormente, se evidencia que la tubería de succión no supera la 1/2" al igual que la tubería de impulsión, en donde se toma la decisión de aprox. a 1" por facilidad de compra ya que es más comercial este tipo de diámetro y la holgura en el paso del agua por cada tramo de tubería.

#### **i. Perdidas y Sistema de Bombeo**

De acuerdo al resultado de las perdidas, se evidencia que se consideran altas debido a que estas suman un porcentaje considerable de la altura dinámica determinada para cada uno de los tramos; la cual establece una mayor potencia para el sistema de bombeo de la red en general.

Para el sistema de bombeo se selecciona una bomba de mayor potencia como se menciona anteriormente, como medida preventiva en la succión de las redes de conducción, debido a que impulsión necesita menor potencia a diferencia de la succión.

### **8.3.3. ALMACENAMIENTO**

#### **Volumen y Dimensionamiento hidráulico**

Inicialmente se determina que la viabilidad de un solo humedal no es posible, debido a que el volumen establecido para el almacenamiento del agua lluvia abarca la utilización de un gran área de la universidad, la cual no permite realizarse en un solo sitio determinado si no que se ve obligado a repartirse en dos puntos claves de almacenamiento; además de esto permite que la recolección sea más óptima ya que genera un menor recorrido para los puntos de acumulación de agua lejanos a la primera propuesta de humedal.

La ubicación de los humedales, se plantea en el plano 2 los cuales son situados en los puntos más bajos según la nivelación realizada; la profundidad se escogió de

acuerdo al estudio realizado por los Ingenieros de la universidad (numeral 7.2.1.2.) que define la profundidad adecuada para cada uno que corresponde a 2,5 m, además se establece a criterio de los autores una profundidad de seguridad en los bordes más cercanos o en los que se puedan presentar una situación de emergencia (caída u otro tipo de emergencia) que atente contra la población universitaria la cual corresponde a 1,5 m. Sumado a esto para evitar la infiltración se forrará con geotextil la base de los humedales evitando en el peor de los casos la pérdida del espejo de agua.

Finalmente, se propone dejar un borde libre de 0,10 m en el que se puedan controlar los excesos de agua, regular o amortiguar la temporada de gran oferta hídrica en el que se dé un determinado tiempo para el cerrado de válvulas para cada una de las redes que alimentan los humedales.

## **VEGETACIÓN Y PAISAJISMO**

Se establece el tipo de vegetación a implementar, a partir de las características de uso y composición de cada una de las especies propuestas anteriormente; las cuales generarán no solo un desarrollo paisajístico y visual, sino que también contribuirán como purificadoras de aguas residuales, podrán ser utilizadas en procesos de compostaje y serán principales retenedoras de nutrientes y contaminantes para el mejoramiento de la calidad del agua; todo esto con el fin de proponer y dar iniciativa en la continuación del Plan de Uso Racional del Agua (PURA) que consiste en dar un manejo auto-sostenible al recurso agua.



## 9. PRESUPUESTO

En la tabla 26, se muestra los costos directos del proyecto, los cuales abarcan mano de obra, maquinaria y equipos necesarios, y materiales, que se establecen teniendo como base el Libro de LEGIS “*Construdata, informática para la construcción*”. Además, se determinan los costos por Administración, Imprevistos y Utilidad (AIU), los cuales se calculan con porcentajes propuestos por los autores descritos en la siguiente tabla:

Tabla 26. Presupuesto

1. EXCAVACIÓN						
	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO (m3/HORA*UND)	VOLUMEN REQUERIDO	VALOR TOTAL
1,1	Excavadora hidráulica	1,00	\$ 80.000	152,52	6.101	\$ 25.600.839
1,2	Excavación Manual	3,00	\$ 25.237	1,00	427	\$ 258.670.764
1,3	Volqueta	1,00	\$ 211.680,00	40,00	7.109	\$ 300.961.416
SUBTOTAL						\$ 585.233.020
2. MANO DE OBRA						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	No. De días	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
2,1	CAPATAZ DE OBRA	un	2	58	\$ 38.954,66	\$ 4.518.740
2,2	ALBAÑIL	un	3	58	\$ 31.936,30	\$ 5.556.916
2,3	INGENIERO DE OBRA	un	1	58	\$ 167.200,00	\$ 9.697.600
2,4	AUXILIAR DE INGENIERIA	un	1	58	\$ 33.990,00	\$ 1.971.420
2,5	CONDUCTOR VOLQUETA	un	1	7	\$ 35.200,00	\$ 246.400
2,6	CONDUCTOR EXCAVADORA	un	1	5	\$ 55.000,00	\$ 275.000
SUBTOTAL						\$ 22.266.076
3. CUBRIMIENTO GEOTEXTIL						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
3,1	Geomembrana Poly-Flex 60	m²	3.528	\$ 10.638	\$ 37.530.017	
SUBTOTAL					\$ 37.530.017,28	
4. CONSTRUCCIÓN DE ALJIBES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
4,1	Ladrillo Tolete 6x12x25 cm	un	150	\$ 1.385	\$ 207.722	
4,2	Geomembrana Poly-Flex 60	m²	13	\$ 10.638	\$ 140.312	
4,3	Tapa en concreto reforzado con puerta de inspección de 60x60 cm	un	3	\$ 139.200	\$ 417.600	
4,4	Tubo Presión PVC 1"	un	3	\$ 4.682	\$ 14.046	

4,5	Codo 90° Presión PVC 1"	un	3	\$ 1.373	\$4.119
4,6	Triturado (Piedra 5 cm)	m3	3	\$ 13.254	\$ 39.763
SUBTOTAL					\$ 823.563
5. INSTALACIÓN TUBERÍAS Y SISTEMAS DE BOMBEO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
5,1	Tubo Presión PVC 1"	un	148	\$ 4.682	\$ 692.959
5,2	Unión Presión PVC 1"	un	122	\$ 724	\$ 88.395
5,3	Codo 45° Presión PVC 1"	un	5	\$ 1.393	\$6.966
5,4	Codo 90° Presión PVC 1"	un	6	\$ 1.373	\$ 8.238
5,5	Tee Salida Bilateral Presión PVC 1"	un	13	\$ 6.530	\$ 84.899
5,6	Válvula pie + coladera PVC	un	3	\$ 35.857	\$ 107.573
5,7	Curva 45° 1"	un	6	\$ 1.774	\$ 10.649
5,8	Yee 1"	un	1	\$ 4.429	\$ 4.429
5,9	Válvula de Compuerta Roscada 1"	un	3	\$ 204.000	\$ 612.000
5,10	Bomba 1A-1/3W	un	3	\$ 326.400	\$ 979.200
SUBTOTAL					\$ 2.595.312
Costo directo					\$648.447.989
Administración 25%					\$ 162.111.997
Imprevistos 3%					\$ 19.453.439
Utilidad 5%					\$ 32.422.399
TOTAL ANTES DEL IVA					\$ 862.435.826
IVA 16%					\$ 137.989.732
VALOR TOTAL					\$1.000.425.558

Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

- A partir del estudio hidrometeorológico se logra presentar un correcto análisis de los datos acerca de la cantidad de agua lluvia que abarca el terreno del campus, siendo este 1.040 mm anual disponible para su recolección, conducción y posterior aprovechamiento.
- De acuerdo a los resultados del balance hídrico, se permite corroborar la viabilidad del proyecto, teniendo en cuenta que la cantidad de agua lluvia supe las necesidades de la población y mantenimiento de la universidad después de comenzar el llenado de los humedales que tiene una duración aproximada de cuatro meses.
- El proyecto a pesar de tener un costo alto; los beneficios para la universidad son múltiples ya que: reduce en un porcentaje los costos de la compra del servicio de acueducto y alcantarillado, contribuye con la construcción de sistemas de drenaje urbano sostenible, además de la incorporación de fauna y flora que permite la interacción entre el hombre y la naturaleza, aportando al Plan de uso Racional del Agua.
- Al ser dos humedales los propuestos, aumenta el desarrollo paisajístico y eco urbano que genera espacios sostenibles y verdes que contribuyen al aumento de la biodiversidad florística y faunística, además de generar un espacio de confort para la comunidad universitaria.

## RECOMENDACIONES

- Al evidenciar un 63% de confiabilidad para el método de análisis estadístico para el llenado de datos y curva de doubles masas, se recomienda utilizar métodos con mayor efectividad, confiabilidad y menor grado de incertidumbre como lo puede ser curva intensidad-frecuencia, que proporciona un análisis de datos confiable y genera resultados con mayor certidumbre.
- Mostrar un correcto uso y actualización de los datos, de acuerdo a los recibos de consumo y datos del análisis de las estaciones hidrometeorológicas representativas para la zona de estudio, tomando como base la normal climatológica y un tiempo de 10 años para los registros del consumo.
- Al realizar la construcción e implementación del diseño propuesto, es recomendable utilizar las cotas reales para los niveles topográficos para una mayor eficiencia y efectividad del proyecto.
- Se recomienda utilizar energías auto-sostenibles, alternativas o renovables para el funcionamiento del sistema de bombeo, ya que esto contribuiría a la reducción del uso de energía eléctrica, dando un ahorro económico a la Universidad que contribuiría a la preservación de los recursos naturales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACUEDUCTO DE BOGOTÁ - CONSERVACIÓN INTERNACIONAL. (2008). *Plan de Manejo Ambiental Humedal Capellanía*. Bogotá.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ - DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. (2006). *Política de humedales del distrito capital*. Bogotá: Giro Editores.

AQUA ESPAÑA. (2011). Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en edificios. Obtenido de <http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/Guia%20Tecnica%20Aguas%20Lluvia%20AqEsp-2011.pdf>

Aragón, J. (2007). *Estudio Hidrometeorológico de la Cuenca del Río Subachoque*. Bogotá.

Arango, N., & Flórez, J. (2012). *Sistema de recolección, almacenamiento y conservación de aguas lluvias para el abastecimiento de agua potable a los habitantes del Pacífico Colombiano en zonas rurales de difícil acceso con ausencia o deficiencia del recurso*. Cali: Universidad Icesi.

Arias, D., & Bernal, F. (2016). Mapa Localización Universidad Libre, sede Bosque Popular. Bogotá: Google Earth.

Arroyo, T. (2010). *Colecta de agua pluvial como medida para el aprovechamiento sustentable de la energía*. Morelia: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Berlanga, C., Ruiz, A., & De la Lanza, G. (2008). Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones Geográficas* , 45.

Box, M. (1995). Un aprovisionamiento tradicional de agua en el sureste ibérico: los aljibes. *Investigaciones geográficas* , 91.

Breña, A. (2004). *Precipitación y Recursos Hidráulicos en México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Tlalpan, D.F.

CAR. (2006). *Anexo 5 - Soporte Plan de Manejo y Ordenamiento de una cuenca, POMCA Río Bogotá. Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca*. Bogotá: Planeación Ecológica Ltda.

- Castellanos, C. (2006). Los Ecosistemas de Humedales en Colombia. *Lunazul* , 1.
- Castiblanco, C., & Bettín, M. (s.f.). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PARQUE ECOLÓGICO DISTRITAL HUMEDAL TIBANICA*. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/9909055a-4e86-4b9d-a0c3-01e10fdc2263>
- EL TIEMPO. (28 de Enero de 2007). *En Bogotá se paga el servicio de agua potable más costoso del país*. Recuperado el 20 de Abril de 2014, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3417009>
- EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ D.C. (2009). *Parque Nacional Natural Chingaza*. Recuperado el 20 de Abril de 2014, de [http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/swf/chingaza/1\\_Descripcion.pdf](http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/swf/chingaza/1_Descripcion.pdf)
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (Septiembre de 2000). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo libre superficial. Washington, D.C., Estados Unidos.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (Septiembre de 2000). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo subsuperficial. Washington, D.C., Estados Unidos.
- Estrada, I. (2010). *Monografía sobre humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS) para remoción de metales pesados en aguas residuales*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Franco, F. (25 de Octubre de 2014). Acueductos y Alcantarillados. Manizales, Caldas, Colombia.
- Galeano, J. P. (2011). El Uso del suelo en el caso de los Humedales. *Verba Iuris* , 122-125.
- González, O., & Correa, R. (20 de Mayo de 2014). *Precipitación Total*. Obtenido de [https://www.siac.gov.co/documentos/DOC\\_Portal/DOC\\_Siac/Indicadores%20Mayo%202014/HojasMetodologicas/51%20HM%20Precipitacion%20total%203.pdf](https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/Indicadores%20Mayo%202014/HojasMetodologicas/51%20HM%20Precipitacion%20total%203.pdf)
- Hernández, M. (2011). *Instrumentación de un sistema de monitoreo y transmisión satelital de la precipitación y el nivel del río La A*. México: Tesis.
- IGNACIO GOMEZ IHM S.A.S. (s.f.). *Bombas y Motobombas*. Recuperado el 30 de Marzo de 2016, de <http://www.igihm.com/>

Llagas, W., & Guadalupe, E. (2006). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 89.

METEOROLOGICAL SERVICE OF CANADA. (2013). *Manual of Surface Weather Observations*. Public Works and Government Services of Canada.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE - CONSEJO NACIONAL AMBIENTAL. (2001). *Política Nacional para Humedales Interiores en Colombia*. Bogotá.

NATURAL SYSTEMS. (Febrero de 2012). Obtenido de [http://www.naturalsystemsutilities.com/wp-content/uploads/2012/02/tech\\_treatment\\_sub.png](http://www.naturalsystemsutilities.com/wp-content/uploads/2012/02/tech_treatment_sub.png)

Osnaya, M. (2012). *Propuesta de un diseño de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad de la Sierra Juárez*. Ixtlán de Juárez, México: Tesis.

Permeabilidad del suelo. (s.f.). Obtenido de [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s09.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s09.htm)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. (2008). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL HUMEDAL DE LA VACA*. BOGOTÁ: SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE.

Sanabria, J., & Perez, F. (2012). *Diseño de un sistema de captación de aguas lluvias para la utilización eficiente del recurso, en el Estadio 1° de Marzo de la Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Sánchez Font, D. (2010). *Depuración de aguas residuales de una población mediante humedales artificiales*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. (2008). *La Convención sobre los Humedales*. Ramsar.

SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. Grand, Suiza: Secretaría de la Convencion de Ramsar 6° Edición.

SECRETARÍA GENERAL DE LA ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. (2007). *Proyecto de Acuerdo N° 123 de 2007*. Bogotá: Anales del Consejo.

SEDAQUA. (Mayo de 2012). Obtenido de [http://sedaqua.com/wp-content/uploads/2012/05/humedal\\_flujo\\_vertical2.jpg](http://sedaqua.com/wp-content/uploads/2012/05/humedal_flujo_vertical2.jpg)

Torres, E., & Grattz, C. (2015). *ESTUDIO PARA LA PROSPECCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA Y EL MÉTODO DE EXTRACCIÓN EN LA UNIVERSIDAD LIBRE DE BOGOTÁ, SEDE EL BOSQUE*. Bogotá.

Wetlands International. (2012). *Los impactos de las urbanizaciones sobre los humedales del Delta del Paraná*. Recuperado el 20 de Abril de 2014, de [http://www.wetlands.org/Portals/0/LAC%20docs%20\(no%20%20WI%20products!\)/Factsheet%20urbanizaciones.pdf](http://www.wetlands.org/Portals/0/LAC%20docs%20(no%20%20WI%20products!)/Factsheet%20urbanizaciones.pdf)

Zambrano, X., Saltos, X., & Villamar, F. (2009). Diseño del Sistema de Tratamiento para la Depuración de las Aguas Residuales Domésticas de la Población San Eloy en la Provincia de Manabí por medio de un Sistema de Tratamiento Natural compuesto por un Humedal Artificial de Flujo Libre. *ESPOL* , 5.



## ANEXOS

### Anexo 1. LLENADO DE DATOS (PRECIPITACIÓN)

AEROPUERTO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	34,7	13,8	78,6	114,2	106,3	19,7	60,6	29,2	63,8	67,5	146,9	25,5
1994	30,6	65,6	107,1	89,4	94,2	55	24,4	34,5	32,6	93,9	189,1	9,3
1995	3,4	20,7	68,1	142,3	126,2	81,1	55,1	86,7	56,6	112	97,3	78,4
1996	6,5	53,3	60	57,5	102,5	30,6	47,7	43,6	28,7	90,6	12,6	34,7
1997	67,3	16,1	58	46,4	59,7	66	18,8	14	25,1	63	38,1	2,7
1998	1,9	41,8	27,8	96,2	147,5	52,7	84,1	51,6	115,2	96,3	94,7	122,7
1999	43,4	93,8	62,7	71,2	68,6	116,9	29,8	51,3	140,3	199,3	101,9	47,9
2000	28,3	123,4	73,9	57,5	110,9	61,6	70,1	55,9	130,6	90,7	41,5	41,1
2001	49,3	19,3	81,9	19,4	87	47,2	40,5	17,7	66,4	43,1	54,2	53,8
2002	26,8	16,8	111,5	134,8	116,3	74,8	39,7	22,5	45,5	55,7	44	64,1
2003	3	24,1	75,4	128	46,4	61,5	31,1	67,6	42,6	54,9	134,8	78,8
2004	22	98,7	40,8	197,7	101,4	51,1	51,2	19,7	59	170	118,6	31,9
2005	11,1	33,2	33,7	93,6	161,3	36,6	21,4	66	97,8	131,3	47,8	111,2
2006	58,1	31,7	214,9	153,7	194,9	115,4	16,5	22,7	25,1	195,6	91,1	30,2
2007	7,6	10,9	62	150,6	125,4	54,2	56,1	58,9	18	200,6	117,4	82,9
2008	30,5	84,6	93,8	112,9	225,6	119,5	61,5	94,7	48,8	140,7	134,2	60
2009	51,4	91,4	142,8	55,2	15,7	64,1	53,2	28,4	21,5	129,1	95,1	58,4
2010	6,3	36,6	23,2	187,3	160,3	107,8	136,7	51,8	76,4	133	196,6	134,6
2011	52,1	88	118,1	242,8	161,3	113,5	67,2	60,2	121,7	165,6	239,8	122,3
2012	63,1	67,5	140,9	235,9	89,3	39	48,5	50,2	24,3	131	56,2	34,7
2013	21,9	129	61,4	132,7	112,4	26,9	38	68,8	45,5	64,9	182,9	96,9

FONTIBON												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	47,34	15,77	67,72	62,80	97,97	19,58	19,68	7,32	63,95	34,49	174,70	15,56
1994	52,91	28,95	91,08	45,00	72,00	31,69	18,12	17,71	55,42	48,11	196,09	2,73
1995	1,91	11,76	75,80	56,96	107,93	56,75	14,73	0,88	61,29	50,52	96,43	31,68
1996	30,02	30,92	65,42	34,48	96,63	38,74	19,45	32,04	38,27	58,25	49,64	12,67
1997	82,99	6,80	42,90	30,57	39,34	68,73	13,23	10,13	52,12	32,36	74,26	2,14
1998	19,10	22,15	54,09	48,32	120,29	41,76	31,69	32,62	67,54	77,21	88,92	22,23
1999	37,66	58,48	63,57	40,31	62,68	96,96	10,95	29,85	94,08	104,06	89,97	12,69
2000	43,55	68,70	84,02	34,80	62,94	62,42	19,46	22,41	79,18	63,09	47,04	6,00
2001	20,90	74,40	88,00	73,20	155,40	143,50	112,20	129,40	125,70	70,90	77,10	86,30
2002	36,50	29,30	74,80	148,10	199,60	267,40	140,70	151,70	67,20	104,50	40,90	41,70
2003	1,80	50,00	98,10	236,30	85,70	100,40	172,00	77,50	100,00	155,50	115,50	74,80
2004	9,64	32,08	24,62	82,04	88,18	45,90	35,30	9,38	29,46	99,56	91,96	5,71
2005	17,57	37,15	31,47	48,45	137,11	31,37	28,00	17,76	72,08	92,70	48,73	16,43
2006	53,72	24,38	103,87	84,16	112,66	65,06	17,00	19,96	32,35	112,37	82,29	5,79
2007	35,98	9,44	40,81	54,75	49,79	32,88	38,30	1,66	12,80	139,99	111,25	32,58
2008	20,77	39,70	104,33	70,94	113,82	80,71	79,25	30,37	27,71	130,71	112,38	22,26
2009	53,78	73,24	154,51	32,97	24,32	45,64	16,50	9,40	16,37	107,45	59,48	4,35
2010	8,43	12,24	17,91	103,60	158,99	62,01	35,55	12,85	58,16	106,15	163,10	72,07
2011	51,73	65,55	121,05	132,55	110,42	61,09	18,80	29,89	92,65	120,39	172,39	40,12
2012	53,96	59,01	130,26	122,41	37,07	32,77	6,80	21,78	18,50	92,56	42,25	19,59
2013	10,02	48,58	78,96	61,22	105,78	27,79	3,20	10,51	34,64	39,70	153,00	28,62

INEM KENNEDY												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	36,59	41,87	61,63	83,06	97,94	3,25	33,88	10,49	102,20	32,29	147,36	37,88
1994	39,89	59,47	80,66	58,88	71,40	97,10	26,63	17,83	79,50	42,59	167,80	6,66
1995	2,02	27,49	62,73	70,53	104,56	58,60	29,63	27,38	56,10	39,90	82,59	77,14
1996	21,29	72,92	54,40	46,44	93,83	24,90	33,64	28,70	39,40	54,09	41,66	30,85
1997	64,94	12,36	40,79	41,00	42,78	37,10	19,40	8,79	83,60	27,30	62,12	5,21
1998	13,27	45,75	47,66	62,39	124,17	44,70	47,84	31,39	24,30	117,00	19,30	54,14
1999	30,20	100,70	27,30	67,50	34,80	61,30	10,00	44,10	38,30	83,00	28,90	30,90
2000	15,80	112,30	95,40	57,10	77,40	26,80	48,00	50,00	53,80	57,80	25,10	14,60
2001	11,30	14,00	20,80	10,10	82,90	102,70	32,50	9,80	41,30	18,50	48,20	51,40
2002	10,50	15,50	59,10	54,20	66,80	68,00	13,40	21,80	24,27	62,20	54,10	31,10
2003	1,70	12,10	48,90	50,70	20,10	108,80	31,70	13,20	26,80	100,60	88,50	20,20
2004	16,50	52,30	40,80	140,20	121,00	34,30	11,70	9,72	14,00	87,10	60,20	13,90
2005	15,60	29,40	38,50	63,40	119,20	90,70	35,30	45,30	69,70	86,90	44,40	40,00
2006	22,70	10,40	97,50	109,20	114,00	42,60	23,82	30,20	24,80	76,10	65,80	14,10
2007	18,58	30,50	33,95	66,44	36,54	32,50	30,06	18,87	11,90	96,52	99,95	79,33
2008	16,00	48,40	84,30	168,10	168,30	35,93	75,90	57,10	10,27	91,50	126,00	54,20
2009	37,69	60,60	96,70	48,10	30,40	7,52	38,04	32,50	5,92	148,20	61,50	10,60
2010	0,80	18,50	30,90	177,80	159,10	31,24	118,80	44,30	19,61	119,80	214,30	175,50
2011	38,10	43,50	128,90	194,90	112,30	10,40	38,50	57,90	33,21	126,80	160,50	97,70
2012	20,60	53,30	106,20	174,90	37,90	5,77	32,90	42,20	9,01	102,60	46,30	47,70
2013	2,50	62,50	62,59	78,80	91,56	5,16	32,39	31,49	13,75	47,30	140,99	69,69

JARDIN BOTANICO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	47,90	50,00	78,30	137,70	149,70	19,50	55,30	30,60	50,80	41,70	198,70	71,20
1994	20,72	55,21	90,71	84,14	90,82	31,37	83,10	74,00	84,90	51,30	176,60	6,60
1995	108,30	25,51	70,42	92,38	135,60	57,00	29,30	18,20	65,30	48,33	86,88	83,77
1996	26,80	67,68	61,08	74,60	132,90	58,70	65,70	101,60	199,70	111,50	39,70	30,10
1997	82,90	17,30	51,80	90,40	64,70	97,70	59,80	61,30	139,10	57,80	104,60	9,90
1998	66,80	63,50	88,00	112,50	191,30	53,60	106,50	45,90	121,20	141,00	132,30	179,00
1999	70,40	171,80	135,30	82,70	95,10	137,00	41,00	26,40	105,00	212,60	135,20	86,90
2000	62,50	200,20	124,90	85,50	87,60	103,30	34,50	19,50	68,30	136,90	74,00	21,72
2001	6,10	33,90	105,10	21,20	119,00	49,30	41,50	79,40	74,80	30,70	118,80	50,60
2002	11,32	68,60	72,50	306,30	121,60	139,30	42,50	35,80	85,70	106,60	91,20	98,20
2003	55,10	43,60	50,40	141,20	24,70	67,30	20,00	44,00	62,30	81,50	129,70	25,82
2004	119,10	45,69	50,30	116,00	136,90	72,40	30,30	41,80	35,40	190,30	140,20	33,40
2005	5,86	62,50	68,30	110,60	227,20	49,80	13,46	4,48	17,20	225,40	81,20	109,90
2006	73,90	43,30	179,10	262,90	208,60	117,40	8,29	86,50	48,30	195,80	142,60	22,95
2007	78,10	49,90	85,70	66,97	40,82	28,14	29,30	34,20	28,00	266,90	140,00	144,60
2008	5,67	67,00	144,10	112,50	212,90	135,30	190,50	55,20	82,40	183,00	185,80	94,60
2009	102,40	112,70	149,80	89,70	17,40	68,90	73,20	41,70	98,10	140,30	60,40	78,20
2010	1,03	44,30	28,80	229,20	222,90	99,90	49,70	58,60	23,30	174,40	220,30	180,20
2011	6,00	100,40	178,00	299,10	144,80	65,60	36,30	9,32	6,83	193,60	275,90	202,70
2012	8,45	81,50	137,30	246,80	47,60	39,70	16,19	2,23	2,11	134,90	53,40	43,80
2013	2,02	79,50	120,10	138,50	167,40	56,00	13,05	11,04	1,32	54,80	155,97	119,23

U, NACIONAL												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	76,50	69,30	95,60	143,70	154,00	30,30	57,10	14,30	47,00	94,50	210,50	66,70
1994	90,20	66,60	132,60	102,40	117,20	27,60	51,60	34,60	70,90	81,20	233,10	6,25
1995	1,43	39,10	117,00	75,40	190,10	53,85	10,28	13,91	96,90	51,00	110,40	140,90
1996	57,40	105,10	100,60	92,90	168,60	46,30	69,70	64,30	61,30	142,10	105,70	67,50
1997	130,40	7,60	57,90	63,50	41,60	79,50	36,40	18,80	61,40	54,30	92,60	9,90
1998	37,80	44,00	77,30	81,90	166,00	44,30	57,80	68,50	103,70	133,80	133,90	186,30
1999	63,80	195,60	84,50	65,30	119,30	94,50	23,10	71,20	93,10	206,50	120,10	42,00
2000	103,00	191,90	111,20	52,30	61,20	56,30	64,00	44,00	96,50	162,60	62,40	19,10
2001	25,50	28,00	104,40	18,20	78,80	32,60	39,90	18,60	78,20	34,50	119,60	59,20
2002	35,50	38,30	74,00	262,60	120,80	86,50	25,00	27,50	44,20	137,90	46,50	79,40
2003	0,00	17,00	51,04	99,00	21,30	43,70	24,20	13,90	80,40	77,10	137,00	26,87
2004	9,06	46,83	24,84	42,00	56,30	61,30	7,22	18,20	15,61	97,80	75,07	26,79
2005	20,60	57,50	36,70	90,90	113,58	31,90	54,30	13,20	24,96	98,45	43,51	71,69
2006	88,10	18,62	95,72	91,32	90,62	56,70	71,60	43,60	60,80	96,90	76,95	24,30
2007	132,90	19,00	36,44	65,51	42,64	27,01	10,43	10,25	5,69	141,41	91,17	99,30
2008	3,50	55,85	70,78	54,15	88,71	67,43	37,00	64,10	20,90	85,92	101,09	77,24
2009	26,63	77,61	108,84	52,91	21,24	40,02	13,41	11,35	6,57	96,30	51,38	50,31
2010	3,63	20,45	16,82	120,69	140,46	53,24	31,56	16,85	21,71	106,70	155,44	133,84
2011	25,87	81,10	162,20	230,70	170,80	77,20	12,93	22,70	33,72	223,30	269,10	142,60
2012	25,34	148,40	179,20	233,30	26,10	57,40	9,69	17,08	7,09	89,80	36,51	43,37
2013	5,30	131,70	76,10	78,40	155,60	40,60	8,64	16,04	14,78	99,20	263,40	100,50

LAS FERIAS												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	27,99	27,50	61,38	82,11	89,36	16,69	42,97	8,41	21,42	41,53	158,47	43,24
1994	29,72	38,75	79,87	57,79	64,68	27,03	22,63	11,03	13,86	47,26	172,85	5,94
1995	1,56	17,48	62,26	68,22	97,33	46,30	38,59	24,01	16,77	44,21	85,04	79,30
1996	14,77	46,28	53,98	46,03	87,76	31,81	36,68	15,19	9,59	71,19	45,08	33,84
1997	50,32	8,90	40,57	41,13	35,58	57,09	16,98	4,78	12,66	36,25	66,98	5,97
1998	8,97	32,10	48,75	61,55	109,50	35,34	59,96	17,46	25,32	85,38	84,72	115,77
1999	25,50	89,57	61,71	49,18	56,82	81,30	18,40	19,46	31,15	126,37	86,14	44,81
2000	22,45	101,36	81,07	43,25	56,15	51,21	53,31	21,08	30,66	80,48	45,44	19,84
2001	17,39	27,36	60,60	12,06	63,56	57,04	32,76	5,77	17,15	22,52	76,42	44,66
2002	27,80	39,90	14,40	130,40	114,70	70,20	22,60	42,30	115,20	37,70	44,20	92,00
2003	8,00	65,30	58,00	106,00	30,70	16,70	27,92	17,46	27,56	46,70	102,16	24,64
2004	13,64	35,33	45,01	120,30	94,40	40,10	54,40	14,30	80,60	137,80	88,60	44,30
2005	36,60	64,60	39,50	86,70	178,50	48,60	20,60	40,60	56,60	158,50	62,20	89,30
2006	80,90	39,50	137,30	95,00	144,60	73,80	3,30	1,60	12,60	112,40	111,70	48,30
2007	3,10	15,70	54,40	52,97	33,37	21,50	30,00	40,20	8,60	212,70	147,00	120,90
2008	24,70	54,70	72,50	42,60	50,90	45,10	49,70	43,00	19,30	89,80	111,40	91,50
2009	67,10	119,80	128,00	48,80	19,60	44,40	42,20	20,50	11,60	123,60	71,00	62,80
2010	28,30	13,80	14,00	171,20	224,00	65,60	140,40	41,70	77,50	161,60	224,50	158,50
2011	93,20	105,40	115,20	226,70	87,60	69,60	51,40	42,70	75,20	151,80	196,50	213,90
2012	108,70	98,30	130,30	166,90	34,00	35,20	56,00	45,90	32,50	118,20	53,80	50,90
2013	15,60	59,50	110,20	140,00	118,60	15,70	27,80	66,40	36,40	90,60	125,40	48,70

FONTIBON S												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	15,03	32,94	30,79	38,53	65,68	12,43	21,98	1,82	13,21	21,44	104,58	27,93
1994	12,65	46,39	39,79	26,89	47,33	16,85	11,14	2,26	16,88	26,54	115,45	4,61
1995	12,86	21,22	28,80	33,63	70,78	30,84	19,77	5,30	18,26	26,93	56,98	50,55
1996	6,64	56,24	25,11	21,03	63,93	24,71	18,53	2,98	25,19	41,98	28,06	20,59
1997	27,27	10,02	21,21	19,95	26,79	42,75	8,38	0,95	20,48	22,99	43,71	3,71
1998	9,43	36,66	21,74	30,13	81,23	24,76	30,64	3,47	25,62	50,64	55,26	76,60
1999	18,07	105,62	31,62	22,74	40,44	57,57	9,63	3,66	24,41	80,46	56,57	34,01
2000	13,88	117,96	39,11	20,53	42,61	38,00	26,97	3,98	21,40	48,46	29,50	16,19
2001	9,66	19,56	31,15	5,95	47,95	48,95	40,37	1,17	17,43	13,66	48,59	31,96
2002	23,40	25,40	87,60	137,60	82,80	71,60	19,00	31,80	77,00	64,20	36,60	59,40
2003	7,24	17,80	80,80	73,60	28,40	38,60	21,60	46,80	64,60	55,00	122,60	24,00
2004	24,40	49,40	37,00	153,40	98,00	51,80	47,20	12,80	35,20	83,40	75,20	16,60
2005	9,40	34,40	30,20	69,00	125,60	24,60	20,80	1,60	1,20	119,60	37,00	71,40
2006	38,20	9,00	226,80	81,20	11,20	16,20	8,82	13,00	12,60	33,90	55,00	23,00
2007	1,60	5,40	18,80	67,00	45,20	16,35	47,60	41,00	15,40	163,40	90,60	62,80
2008	24,00	62,00	73,50	8,70	68,20	28,10	7,20	14,90	15,00	25,70	45,80	0,50
2009	28,00	58,60	44,00	49,00	6,70	31,00	16,50	16,50	10,90	57,90	42,90	19,50
2010	1,80	8,70	11,10	81,30	101,20	27,50	53,80	17,70	22,30	35,40	87,30	73,90
2011	8,10	42,40	75,70	74,90	65,60	27,50	18,80	12,50	29,90	42,00	74,10	48,60
2012	12,40	39,90	32,80	94,10	20,40	13,70	6,80	14,10	8,90	63,90	28,70	14,20
2013	4,70	47,70	47,40	49,20	61,80	17,20	3,20	8,96	10,72	32,73	86,64	54,54

PUENTE ARANDA												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	23,05	31,87	46,19	61,90	52,85	11,25	17,38	7,59	22,23	17,32	106,55	26,78
1994	27,49	43,13	60,78	42,29	39,02	18,38	25,11	9,90	21,82	24,15	114,47	3,94
1995	4,49	20,02	48,13	40,96	61,35	31,63	9,69	21,18	21,96	25,35	56,84	46,60
1996	11,33	53,12	41,69	36,60	54,99	22,45	20,37	13,58	27,86	29,24	23,81	18,77
1997	41,71	9,36	30,24	32,00	17,32	39,99	18,08	4,27	25,77	16,24	45,61	3,65
1998	8,20	34,79	36,23	42,86	60,52	24,50	32,75	15,67	30,40	38,86	49,89	63,44
1999	22,46	101,42	44,52	32,96	37,31	56,99	12,26	16,09	35,01	52,21	53,64	29,07
2000	18,64	112,83	59,79	29,61	26,33	36,65	11,95	16,12	29,17	31,67	29,50	12,13
2001	15,47	18,94	45,44	8,74	32,03	39,85	13,33	5,13	33,44	35,49	48,10	29,04
2002	24,40	28,60	92,20	236,80	96,80	80,20	25,00	45,20	107,40	111,20	79,60	63,60
2003	9,00	22,40	110,60	44,60	77,60	70,20	140,00	114,20	112,00	115,20	74,80	13,82
2004	2,40	21,80	4,00	57,68	42,98	27,00	23,40	16,40	31,80	74,80	33,60	13,00
2005	11,40	28,40	18,20	41,80	74,00	15,60	35,20	33,80	36,80	57,40	31,80	46,60
2006	49,00	11,80	78,60	73,20	62,00	48,40	17,00	13,40	10,60	114,20	73,20	28,40
2007	6,00	22,00	31,60	90,80	34,80	39,20	29,00	33,40	9,40	116,00	146,20	142,80
2008	44,80	91,50	169,70	29,30	30,60	124,40	151,30	95,60	113,50	221,60	261,70	212,60
2009	65,30	142,50	226,70	122,40	66,50	26,05	20,65	28,30	19,10	105,50	63,40	16,90
2010	1,20	24,30	22,90	108,60	152,30	51,20	17,30	19,42	23,29	51,28	144,97	103,05
2011	39,74	69,34	85,75	126,44	63,17	36,01	14,32	20,74	30,22	57,85	146,69	106,52
2012	49,94	65,66	81,28	107,57	15,08	19,98	4,76	19,41	7,86	44,96	31,45	34,76
2013	8,54	66,70	50,59	58,92	63,10	17,86	2,94	25,62	11,84	23,78	99,60	54,18



CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	20,05	22,16	46,31	67,62	85,12	11,44	34,28	7,80	22,47	35,49	123,15	33,91
1994	20,81	32,67	60,65	46,88	61,81	17,60	18,07	14,04	14,91	39,27	133,98	4,49
1995	2,27	14,24	47,58	52,15	93,01	30,05	30,79	15,27	18,44	35,71	66,18	61,82
1996	9,01	37,64	41,24	38,49	83,75	21,11	29,28	21,52	12,24	58,48	32,12	26,43
1997	36,68	8,01	30,50	34,67	33,84	37,85	13,56	8,07	14,09	29,01	51,92	4,72
1998	5,63	27,99	36,33	49,69	104,22	23,34	47,85	20,42	29,25	69,34	64,75	88,63
1999	19,87	74,28	45,56	39,83	53,80	53,23	14,67	21,00	35,28	101,16	66,80	33,99
2000	14,07	85,77	60,30	35,44	53,67	33,20	42,55	18,10	34,01	65,72	35,28	14,56
2001	14,85	15,31	45,80	9,74	60,53	24,01	29,40	9,48	19,24	18,27	58,35	34,39
2002	15,19	23,61	44,22	123,14	83,98	47,73	19,96	16,70	45,82	51,46	45,51	53,28
2003	3,76	22,35	15,20	72,20	0,20	26,26	23,36	26,14	23,19	48,60	146,40	0,60
2004	46,70	52,90	44,60	67,00	112,40	55,20	29,70	21,00	86,90	112,70	80,80	29,40
2005	22,40	62,50	60,30	50,50	185,00	35,20	25,60	32,00	59,50	99,00	60,30	59,90
2006	35,80	15,85	88,94	86,81	93,26	42,66	10,92	16,70	9,98	77,59	72,56	20,47
2007	11,60	34,10	31,90	51,01	28,50	53,40	48,40	46,90	7,10	215,50	91,30	138,40
2008	34,70	58,50	16,30	68,70	120,30	56,40	47,90	52,00	16,60	90,60	151,40	134,90
2009	57,40	91,70	146,80	84,00	27,90	52,30	27,00	32,20	13,40	156,60	55,50	70,50
2010	18,50	38,10	21,30	241,20	266,90	84,20	196,70	42,90	57,60	174,80	245,20	135,30
2011	117,80	144,20	156,50	258,50	149,70	58,60	84,00	48,40	56,10	195,00	265,00	176,50
2012	127,30	80,60	121,70	140,90	38,50	52,50	24,40	9,60	35,40	155,20	33,70	71,50
2013	7,30	82,50	92,40	124,40	142,60	40,10	32,60	31,10	36,40	116,50	160,30	97,30

KENNEDY												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	31,48	28,04	27,29	71,61	85,67	11,25	48,29	15,68	28,63	16,62	132,94	28,59
1994	33,76	44,43	35,91	50,01	62,16	18,38	37,05	26,88	20,01	21,68	144,97	4,04
1995	3,35	18,98	28,44	65,43	90,31	31,63	38,44	32,12	26,41	22,40	72,05	50,74
1996	17,21	50,09	24,63	38,33	81,18	22,45	44,84	37,36	20,72	26,15	30,11	20,77
1997	56,29	10,59	17,86	37,42	38,43	39,99	27,28	16,87	19,62	14,65	55,36	3,94
1998	11,37	36,25	21,40	57,52	109,78	24,50	74,60	30,41	45,16	38,82	66,97	65,46
1999	29,91	94,04	26,30	45,59	49,81	56,99	25,97	29,72	53,23	47,03	70,85	28,88
2000	29,26	109,05	35,32	41,07	62,81	36,65	50,12	30,12	49,17	27,93	37,50	11,82
2001	19,19	18,53	26,84	10,98	67,10	39,85	36,04	21,21	30,73	14,04	60,56	30,65
2002	21,11	26,72	54,47	115,68	81,47	80,20	31,19	30,72	78,18	38,21	53,13	46,99
2003	3,89	24,83	65,34	77,06	20,57	70,20	25,59	47,10	53,99	44,27	107,61	11,49
2004	18,37	47,24	2,36	104,92	96,03	27,00	41,40	20,49	58,70	50,68	80,10	18,89
2005	17,13	39,47	10,75	63,19	140,67	15,60	22,53	37,03	50,38	2,80	25,60	20,20
2006	35,70	8,00	79,10	103,20	69,70	48,40	10,24	28,52	14,18	53,85	82,28	20,37
2007	25,48	21,39	18,67	62,21	45,79	39,20	40,95	38,75	11,70	72,74	112,74	93,91
2008	4,10	89,00	142,30	73,10	109,10	4,50	58,90	37,20	22,50	123,80	111,10	62,80
2009	31,30	91,00	109,40	29,20	4,10	53,50	23,20	11,50	11,80	130,90	56,90	5,60
2010	8,49	23,92	13,53	129,66	159,64	51,20	130,88	43,12	51,42	55,65	180,18	110,03
2011	50,69	75,54	50,66	162,77	106,84	36,01	59,73	39,88	62,62	62,42	182,65	113,98
2012	54,54	61,30	48,02	142,35	39,53	19,98	42,97	28,26	21,79	49,69	41,12	38,59
2013	8,70	68,97	29,88	84,23	99,24	17,86	32,80	39,08	28,17	28,71	128,65	54,83

Anexo 2. PRUEBA DE RACHAS (PRECIPITACIÓN)

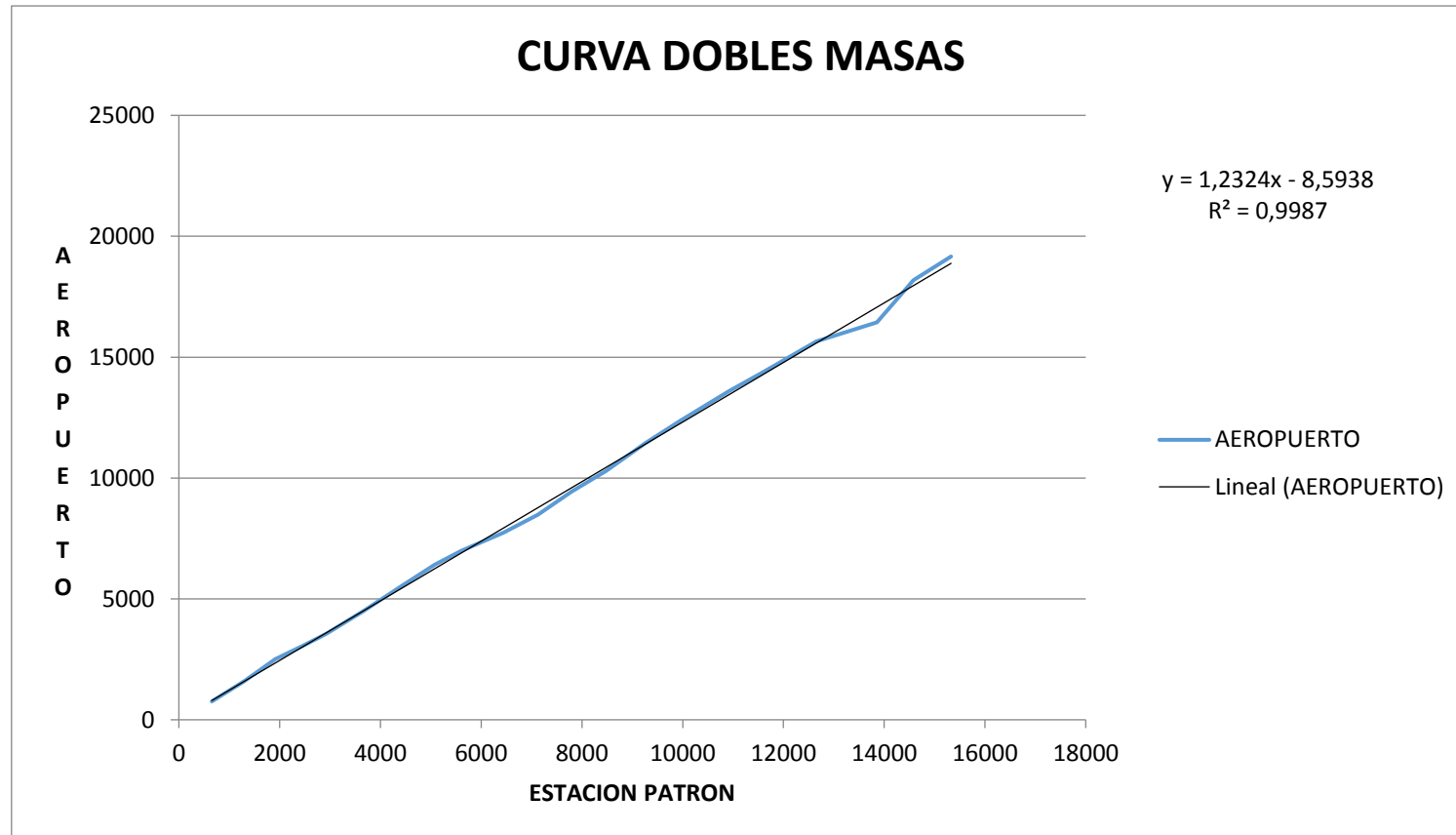
	AEROPUERTO			FONTIBON			I. KENNEDY		
	Prom Anual	Med Anual	RACHAS	Prom Anual	Med Anual	RACHAS	Prom Anual	Med Anual	RACHAS
1993	63,4	62,2	A	52,23940008	40,91625922	A	57,37040092	39,87341382	A
1994	68,8083333	60,3		54,98503284	46,55799077		62,36673011	59,17260453	
1995	77,325	79,75	B	47,22029578	53,6362728	B	53,22445266	57,35	B
1996	47,3583333	45,65	A	42,21120254	36,37363794	A	45,17724477	40,52923918	A
1997	39,6	42,25	B	37,96403148	35,85062449		37,11631042	38,9468555	B
1998	77,7083333	89,4		52,16107397	45,04001369	A	52,65853643	46,70367601	A
1999	85,5916667	69,9	B	58,43836365	60,58227431	B	46,41662177	36,54973064	
2000	73,7916667	65,85		49,46757605	54,73051309		52,84166667	51,9	A
2001	48,3166667	48,25	A	96,41666667	87,15	A	36,95833333	26,65	
2002	62,7083333	50,6		108,5333333	89,65		40,08105849	42,6	B
2003	62,35	58,2	A	105,6333333	99,05	A	43,60833333	29,25	A
2004	80,175	55,1		46,15306905	33,68813333		50,14293343	37,55	
2005	70,4166667	56,9	A	48,23374399	34,30704174	A	56,53333333	44,85	A
2006	95,825	74,6		59,46817703	59,3911925		52,6020361	36,4	
2007	78,7166667	60,45	A	46,68655359	37,13971716	B	46,26187103	33,22628145	A
2008	100,566667	94,25		69,41147661	75,09272595		77,99985793	66,5	
2009	67,1916667	56,8	B	49,83452622	39,30263345	A	48,14793526	37,86530641	A
2010	104,216667	120,4		67,59028935	60,08862502		92,55425349	81,55	
2011	129,383333	119,9	A	84,71877582	79,10033374	A	86,89291039	77,8	A
2012	81,7166667	59,65		53,08005794	39,66011301		56,61519988	44,25	
2013	81,775	66,85	A	50,16964108	37,17168422	A	53,22741633	54,90229589	B
			7			7			8

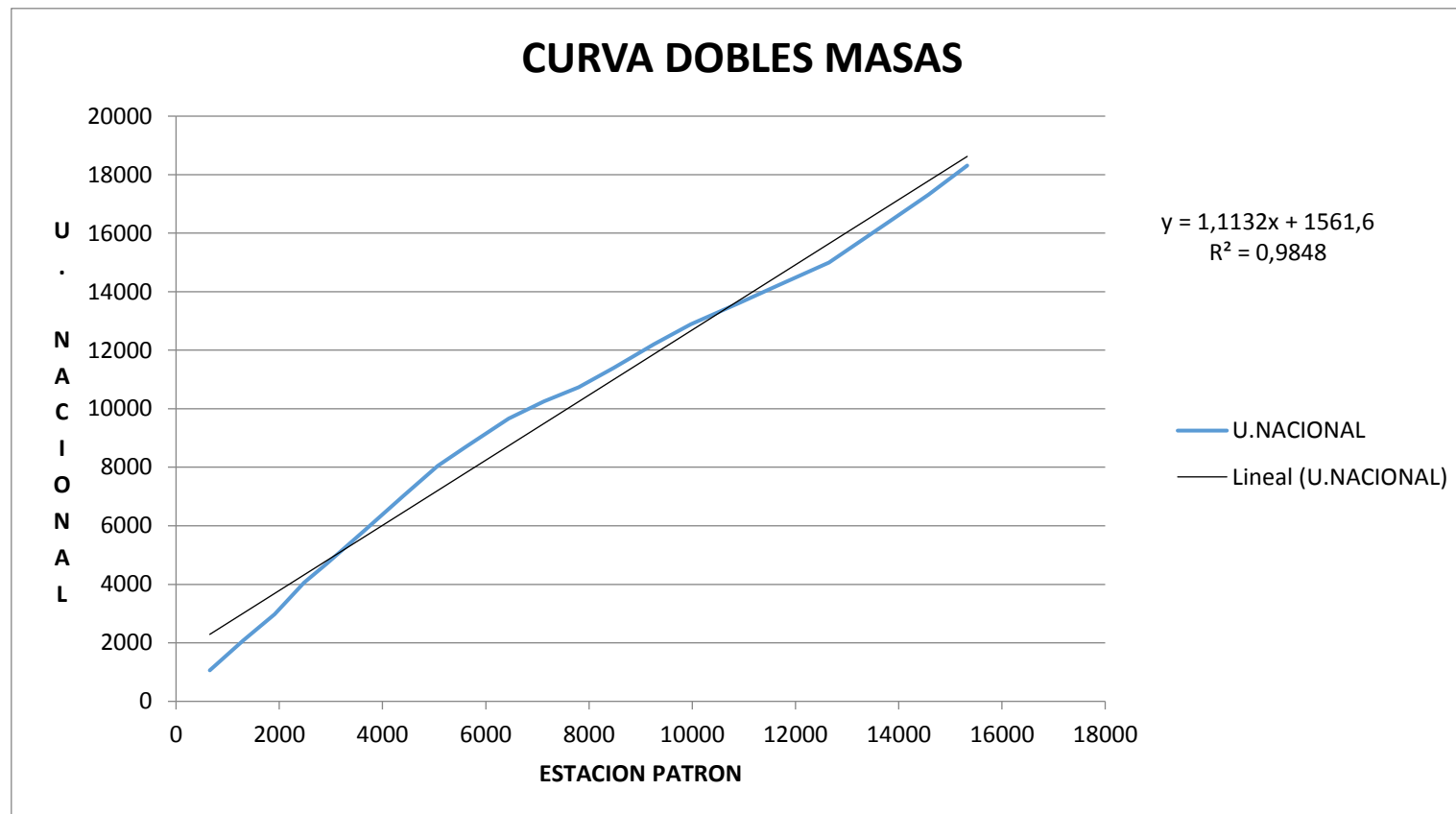
JARDIN BOTANICO			U. NACIONAL			LAS FERIAS		
Prom Anual	Med Anual	RACHAS	Prom Anual	Med Anual	RACHAS	Prom Anual	Med Anual	RACHAS
77,61666667	53,05	A	88,29166667	72,9	A	51,7572977	42,2507063	A
70,78865133	78,55	B	84,5210325	76,05		47,6174475	34,2324755	
68,41597417	67,86150967	A	75,0227227	64,6241962		48,4221885	45,2565035	
80,83779401	66,68752835		90,125	81,3		41,0176992	40,8831726	
69,775	63	A	54,49166667	56,1	B	31,4350231	35,9175494	B
108,4666667	109,5	B	94,6083333	79,6	A	57,0686161	54,355753	A
108,2833333	100,05	A	98,25	88,8		57,5345198	53,0006781	
84,91019603	79,75		85,375	63,2		50,5261696	48,325189	
60,86666667	49,95		53,125	37,2		36,4423305	30,0599987	
98,3018365	88,45		81,5166667	60,25		62,6166667	43,25	
62,13525711	52,75		49,2928623	35,2869907		44,2621752	29,3106956	
84,31553895	61,35	B	40,0849876	34,3939092		64,0643521	49,7031494	
81,32558366	65,4	A	54,7745756	48,9034269	A	73,525	59,4	A
115,80382	101,95		67,9347737	74,2747885	B	71,75	77,35	B
82,71946136	58,43490052		56,8127542	39,5412548	A	61,7029719	36,7852454	A
122,4137855	123,9	B	60,5574048	65,766918	B	57,9333333	50,3	
86,06666667	83,95	A	46,3807734	45,1603616	A	63,2833333	55,8	
111,0523615	79,25		68,4494259	42,4000281		110,091667	108,95	
126,5452635	122,6		121,019563	111,85		119,1	99,3	
67,83182248	45,7		72,7733439	39,9400714		77,5583333	54,9	
76,57777631	67,75		82,5219932	77,25		71,2416667	62,95	
		9			7			5

FONTIBON S			PUENTE ARANDA			CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO		
Prom Anual	Med Anual	RACHAS	Prom Anual	Med Anual	RACHAS	Prom Anual	Med Anual	RACHAS
32,1961018	24,9528143	A	35,4133305	24,917466	A	42,4835642	34,0978682	A
30,5653777	21,713856		35,8730646	26,2986007		38,7662065	26,7416866	
31,3267908	27,8670379		32,3503157	28,4867069		38,9600238	33,2461723	
27,9138305	24,9091811		29,4841567	25,8342556		34,2762531	30,7000373	
20,6834352	20,8445888	B	23,6861192	21,9256635	A	25,2432804	29,7505682	B
37,1816528	30,3832912	A	36,5089899	35,5058583		47,2856666	42,089203	A
40,4016384	32,8150865		41,1610768	36,1613934		46,6229939	42,6951264	
34,8827576	28,2368179		34,5329995	29,3339541		41,0561767	35,3581245	
26,3658255	25,3544437		27,0840101	30,536757	B	28,280917	21,623174	
59,7	61,8	B	82,5833333	79,9	A	47,5490976	45,6643782	A
48,4201474	42,7	A	75,3683625	76,2	B	34,0204462	23,2723326	
57,0333333	48,3		29,0720709	25,2	A	61,6083333	54,05	
45,4	32,3		35,9166667	34,5		62,6833333	59,7	
44,0768958	19,6		48,3166667	48,7	B	47,6285912	39,2336399	
47,9290305	43,1		58,4333333	34,1	A	63,1761619	47,65	
31,1333333	24,85		128,883333	118,95		70,6916667	57,45	
31,7916667	29,5		75,2745013	64,35		67,9416667	56,45	
43,5	31,45		59,9837813	37,75		126,891667	109,75	
43,3416667	42,2		66,3978448	60,5096377		142,525	146,95	
29,1583333	17,3		40,2270008	33,1062626		74,275	62	
35,3989466	40,0647123	B	40,3063186	38,1046253	A	80,2916667	87,45	
		6			7			6

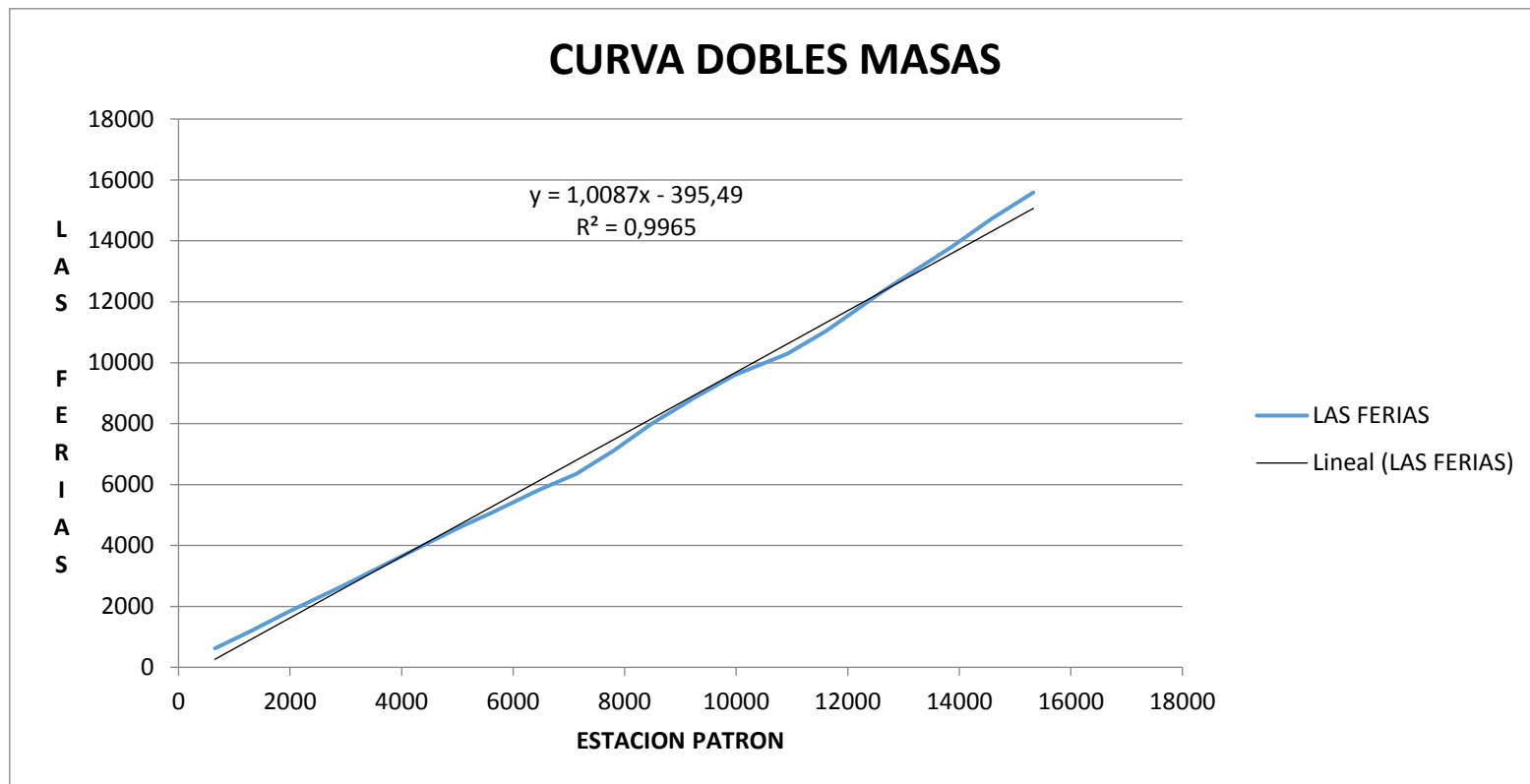
KENNEDY		
Prom Anual	Med Anual	RACHAS
43,8398275	28,6055062	
41,6060277	34,831686	
40,0250999	31,8742096	
34,4868415	28,1301683	
28,1919569	23,4512916	
48,5188622	41,9874099	
46,5263632	46,3095479	
43,4020738	37,0780343	
31,3112685	28,7461278	
54,8403115	50,0606209	
45,9949435	45,6848534	A
47,1829682	44,3221871	B
37,112129	24,0666667	
46,1273253	42,05	
48,6258618	40,075	
69,8666667	67,95	
46,5333333	30,25	
79,8089774	53,5337724	
83,648795	62,5223923	
49,011361	42,0455667	
51,7595475	35,9376117	A
		3

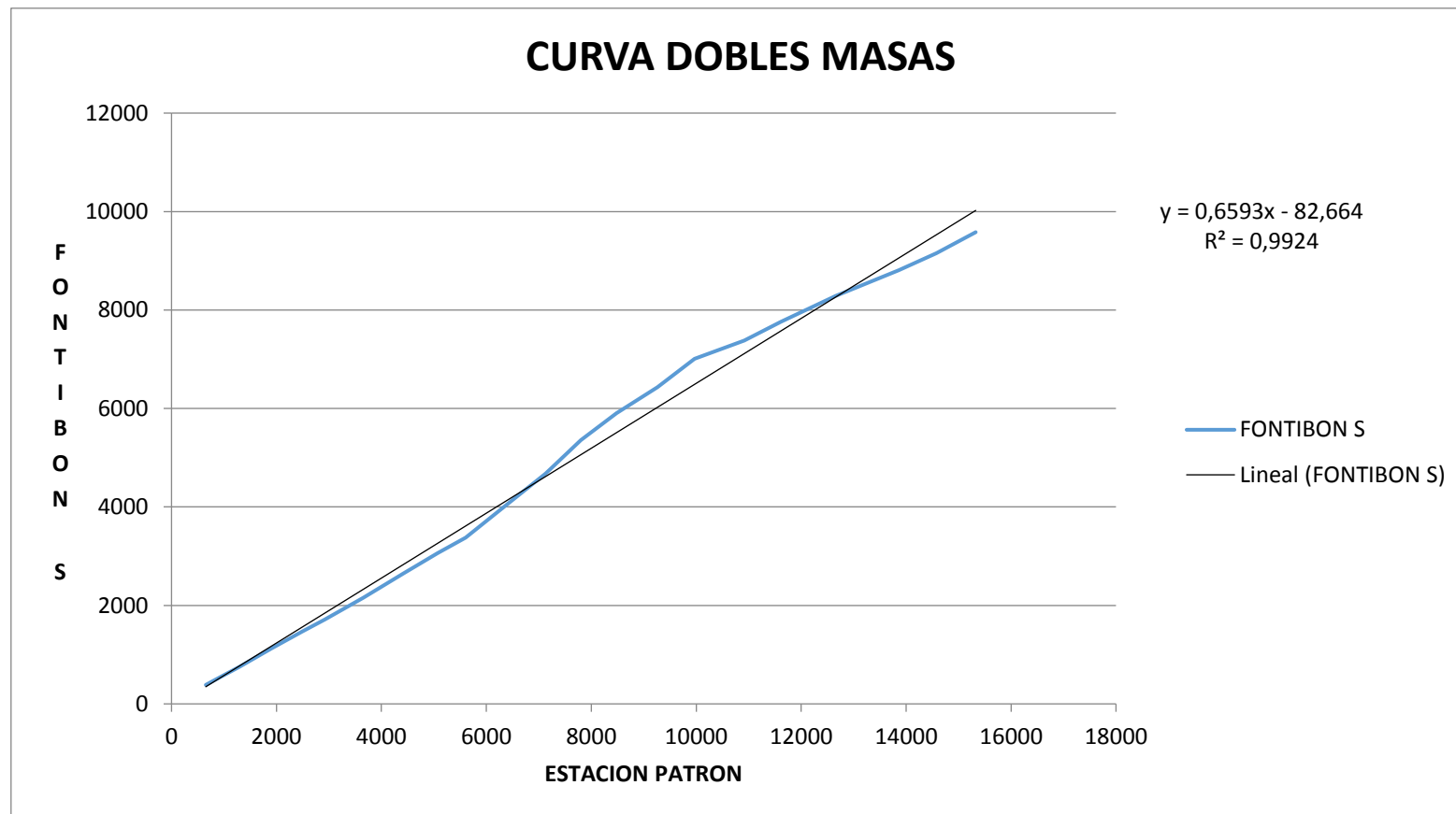
Anexo 3. CURVA DE DOBLES MASAS (PRECIPITACIÓN)

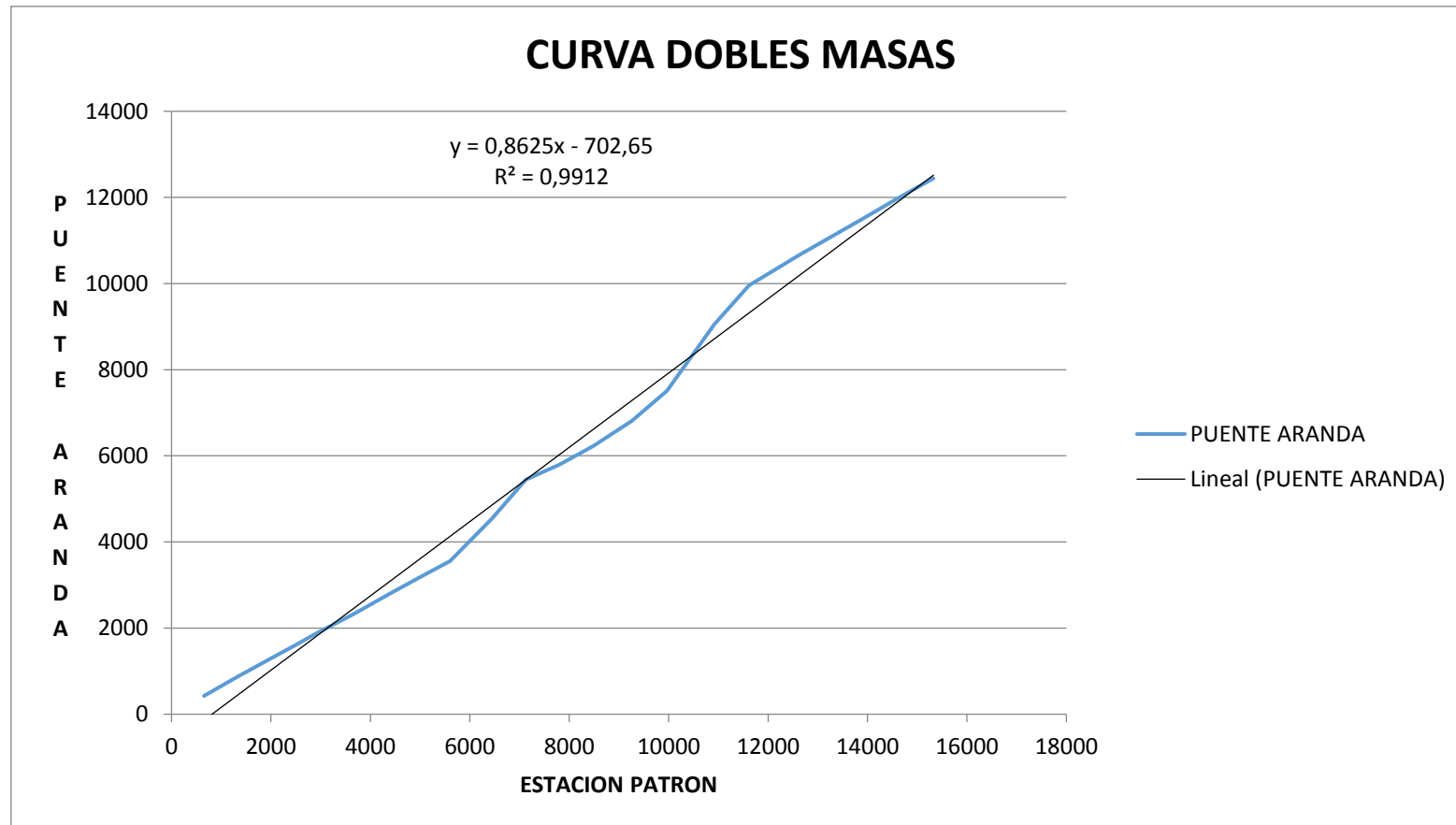


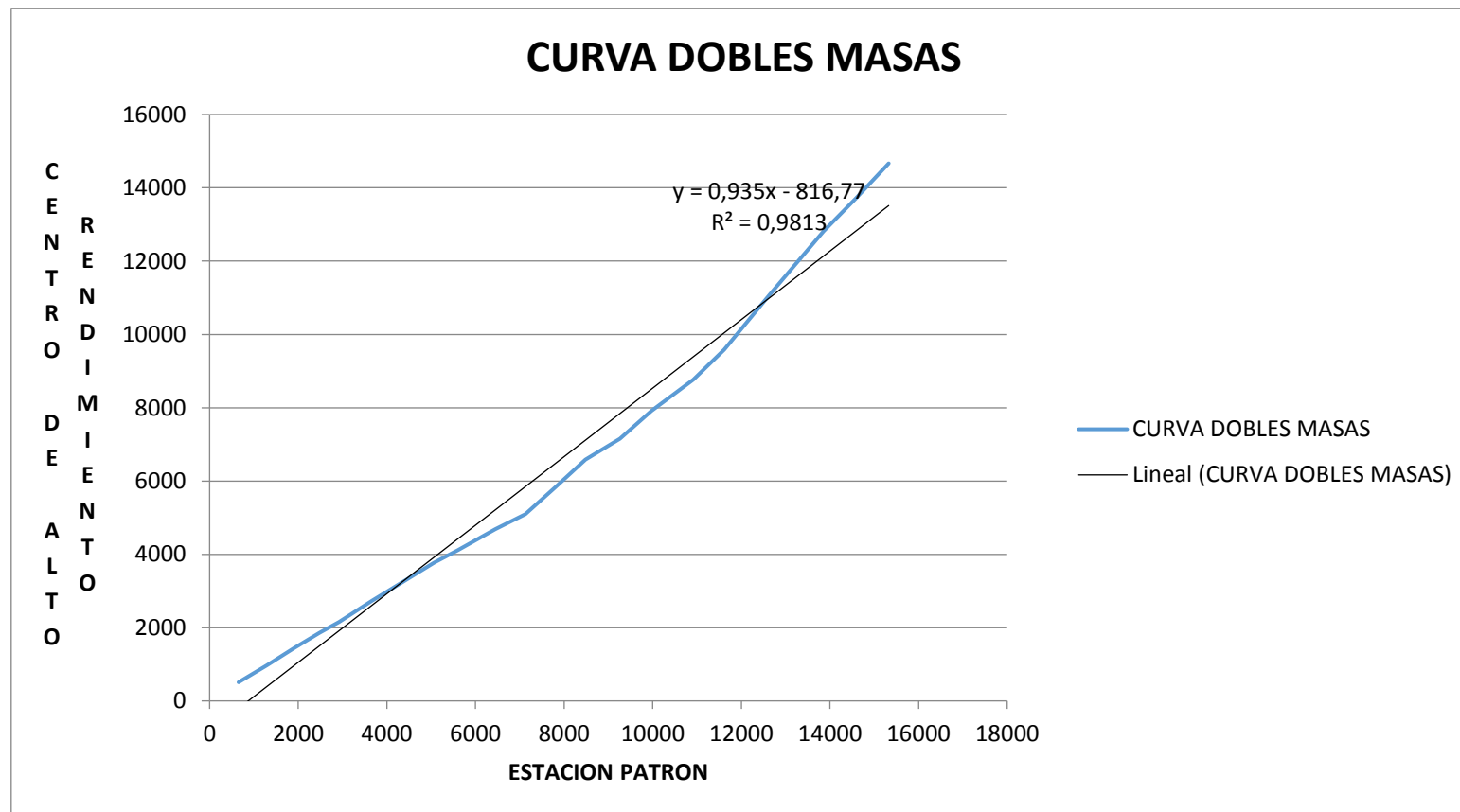




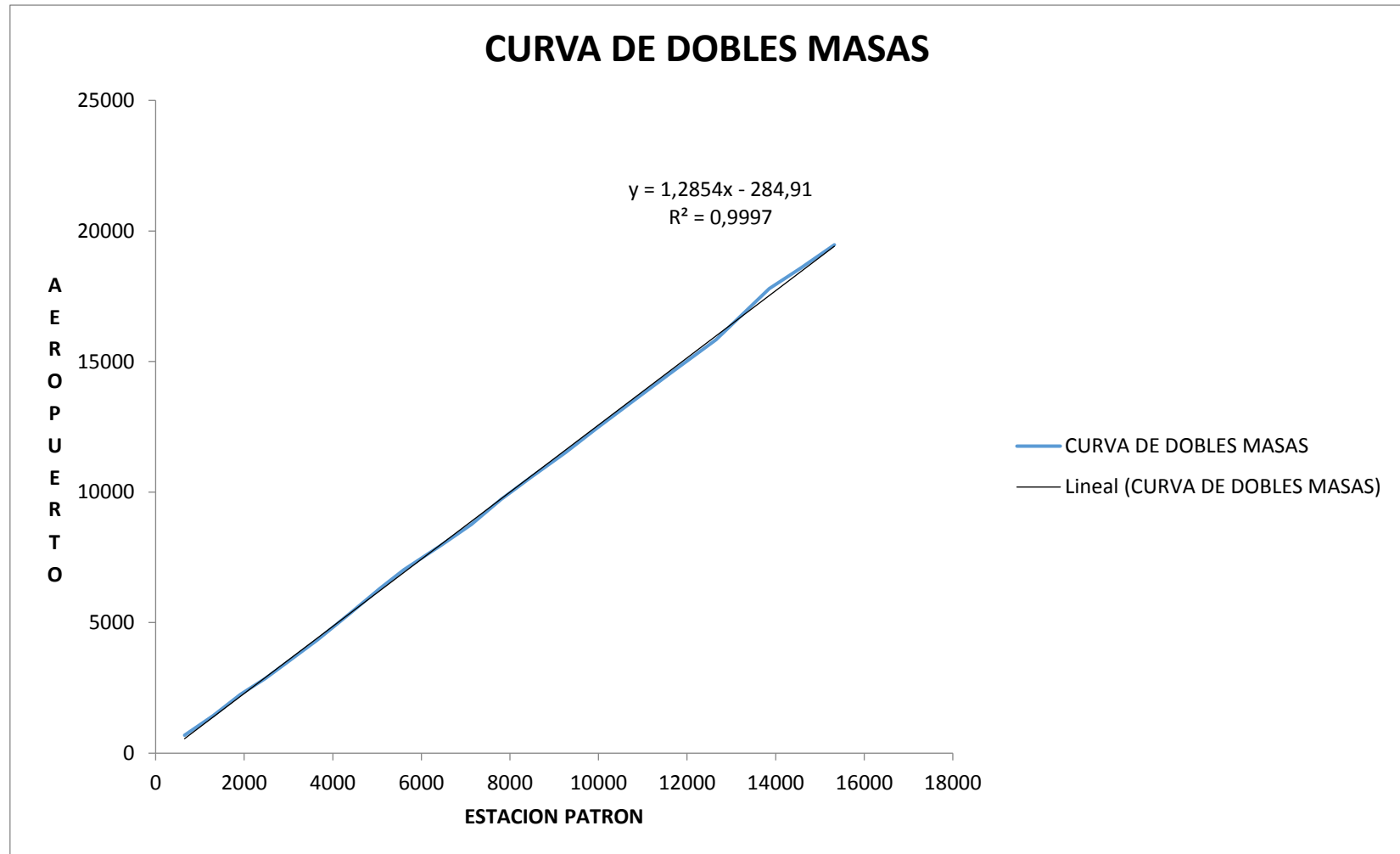


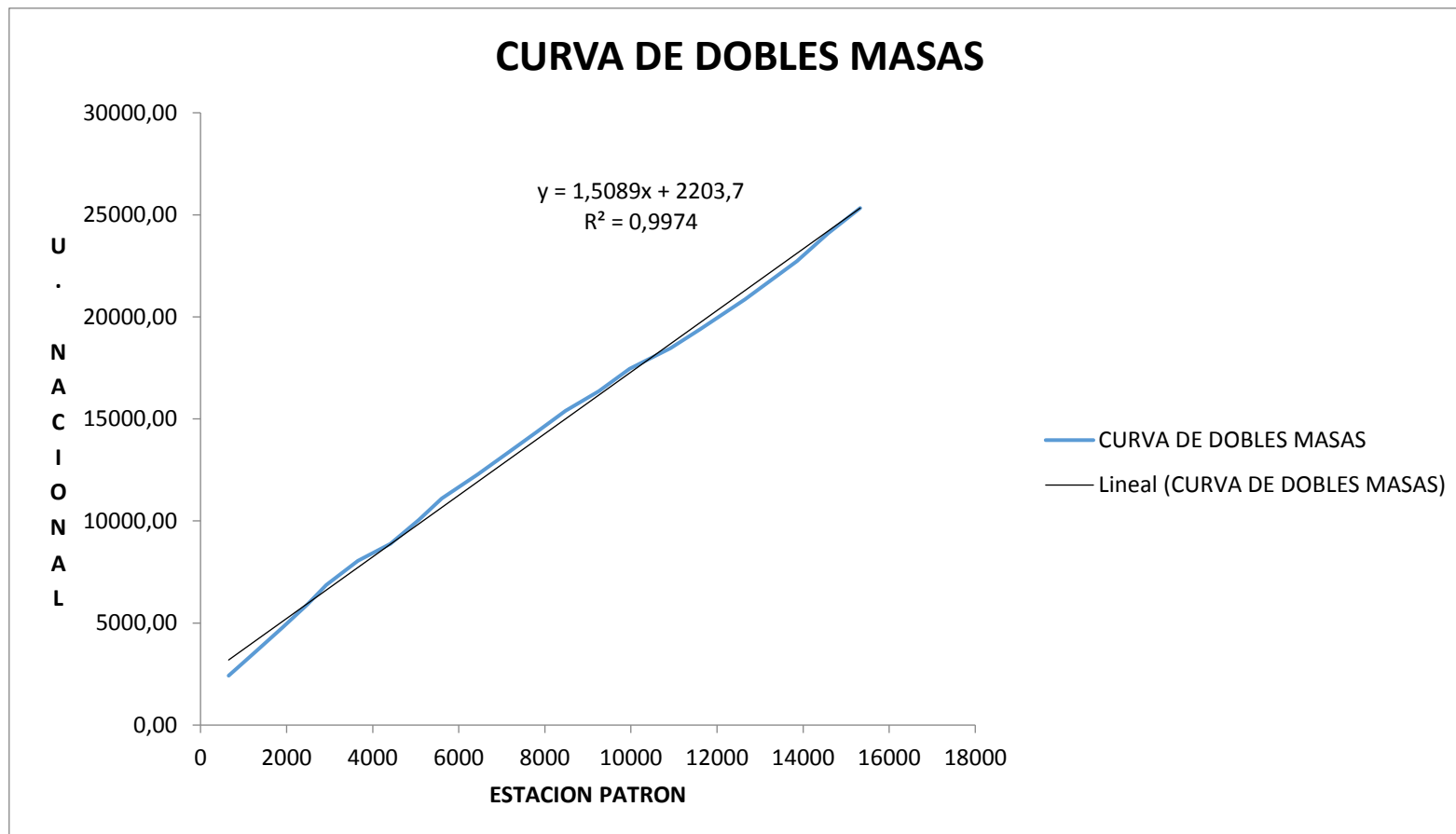


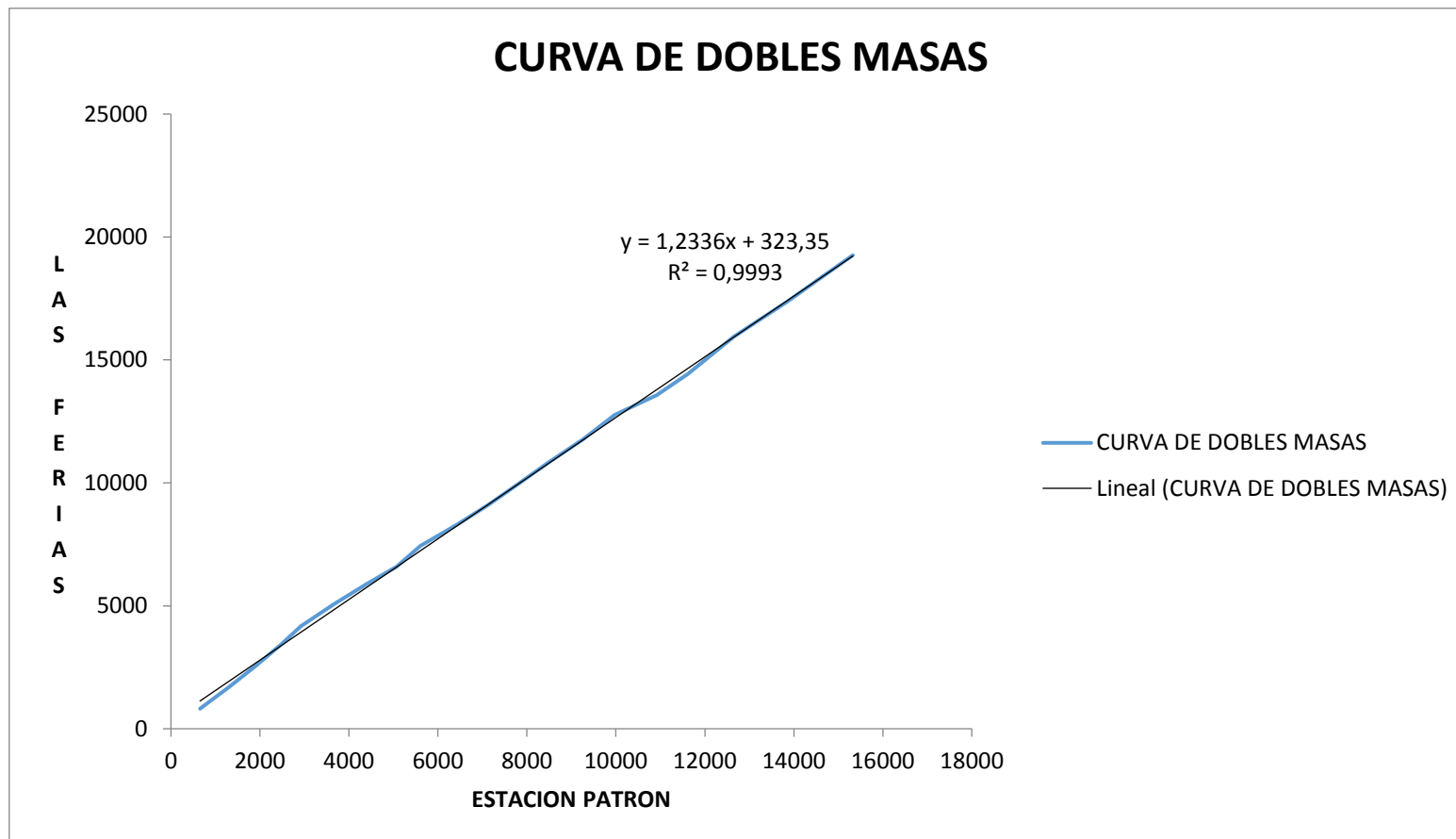


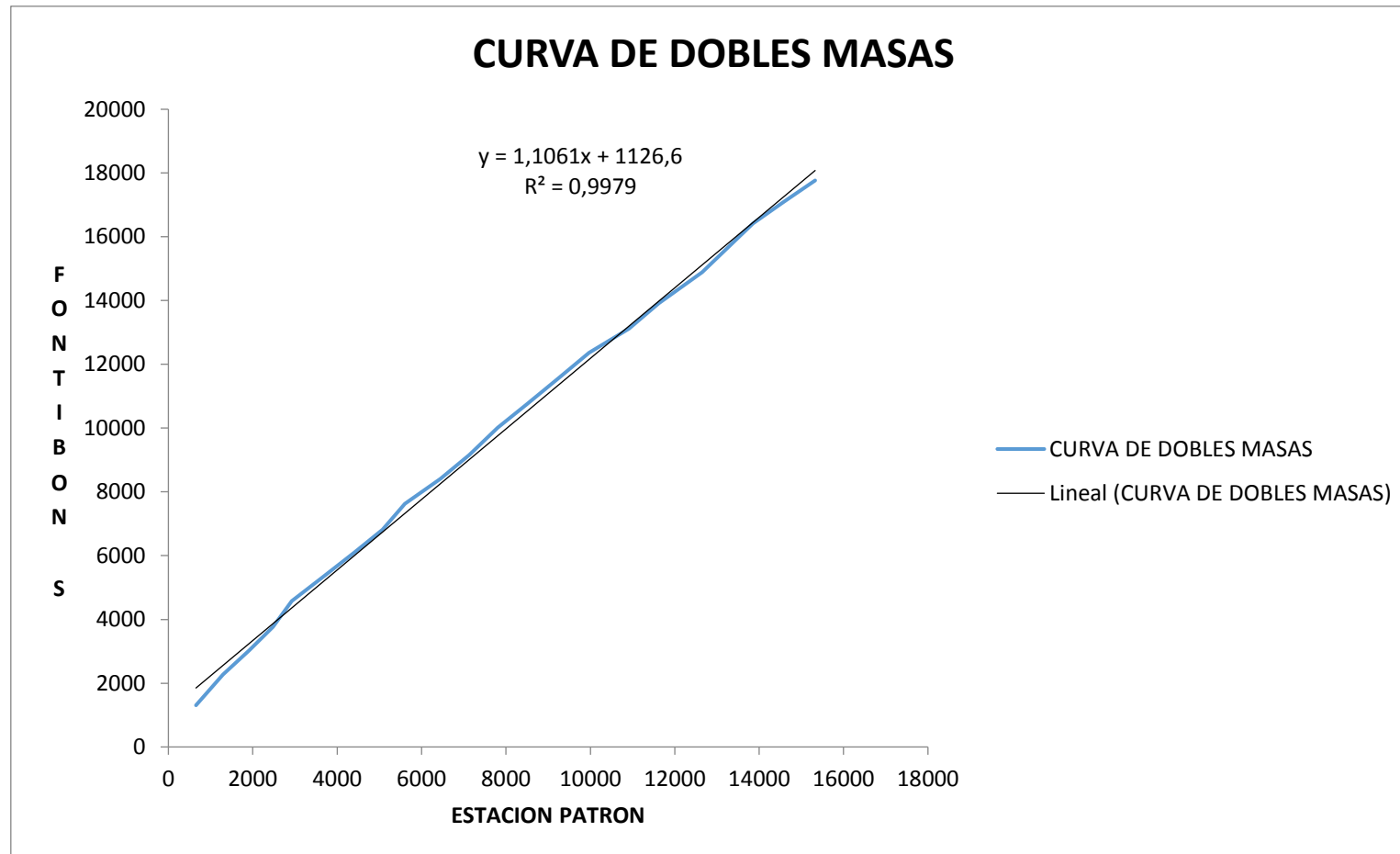


Anexo 4. CURVA DE DOBLES MASAS CORREGIDA



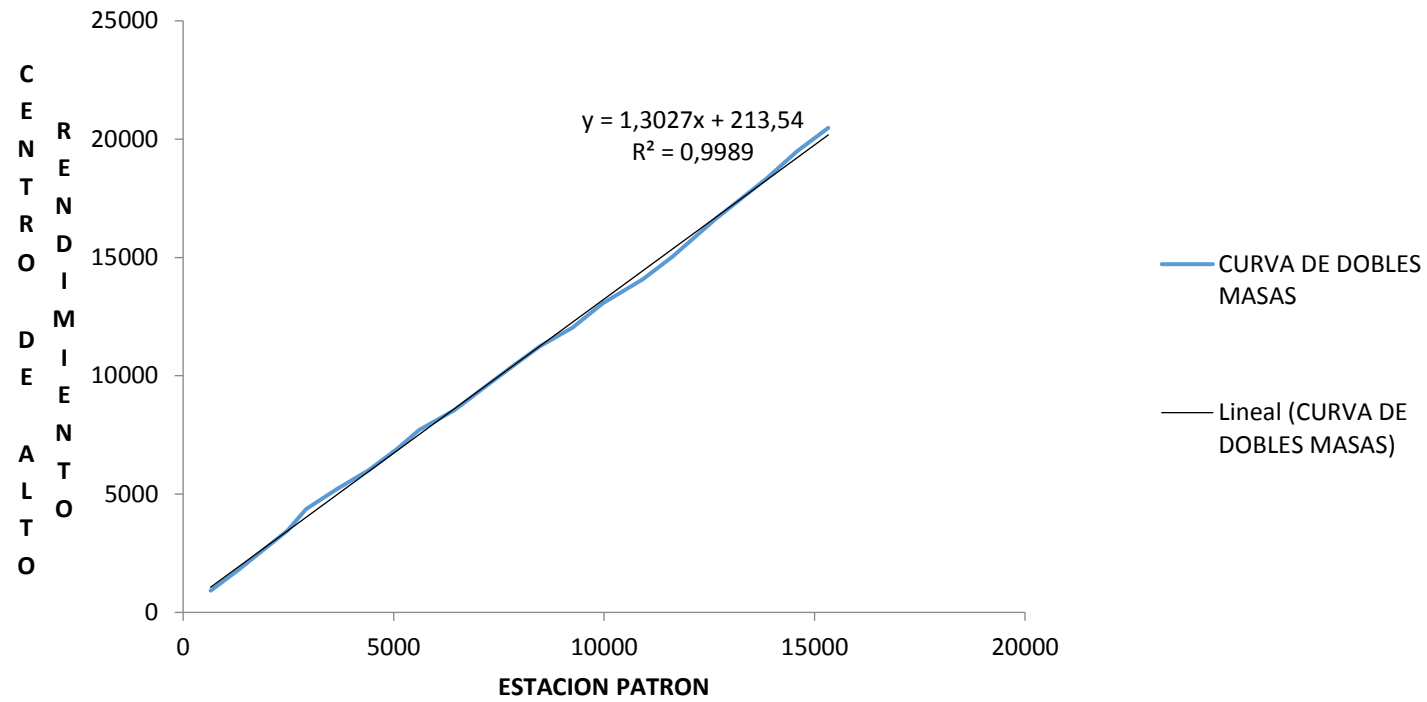


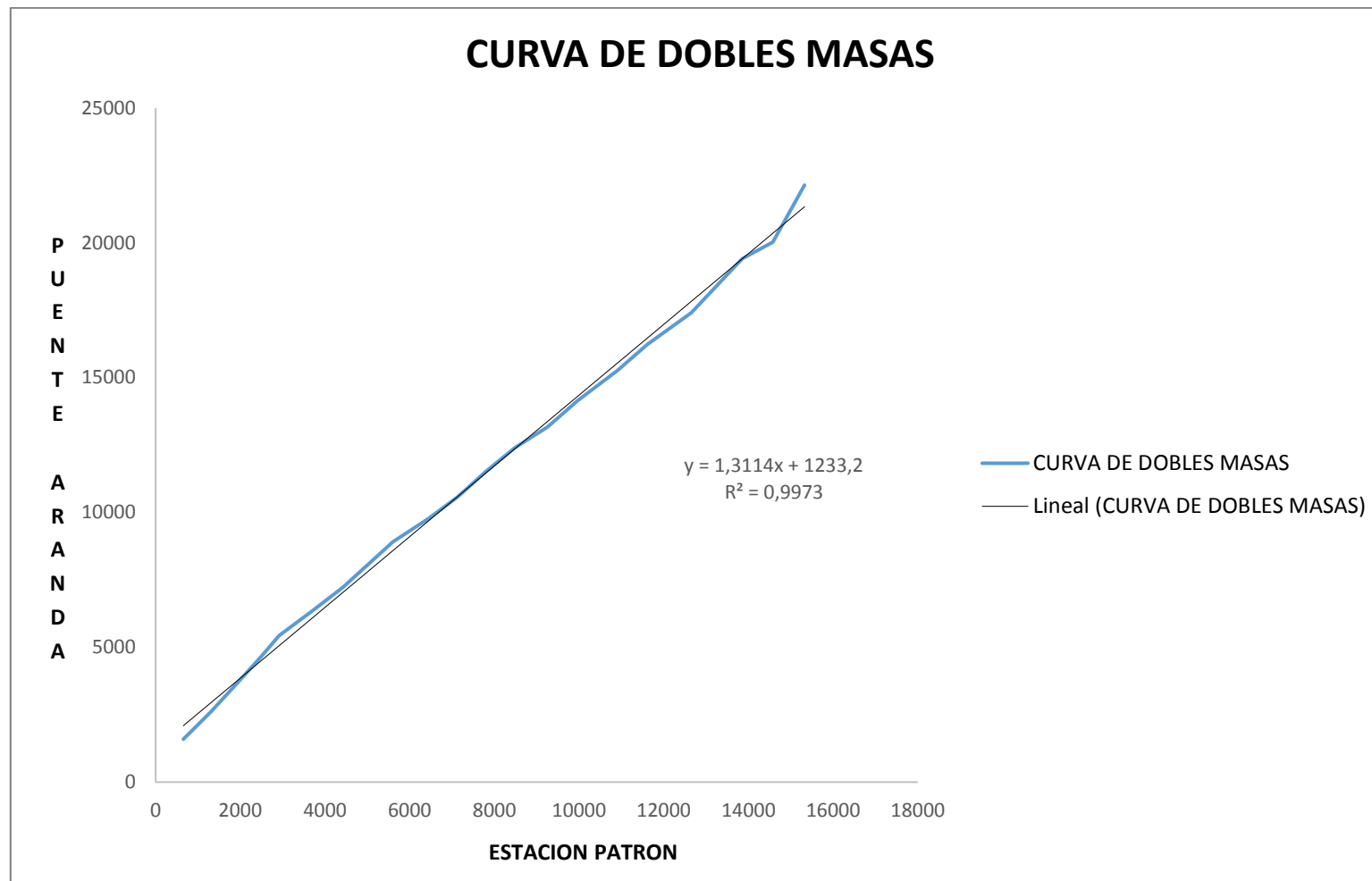






## CURVA DE DOBLES MASAS





Anexo 5. EVAPOTRANSPIRACIÓN POR MÉTODO DE THORNTHWAITE

AEROPUERTO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	57,36	52,30	59,65	59,07	61,38	60,22	59,02	58,46	54,56	55,08	53,48	55,66
1994	55,35	53,02	58,72	60,42	63,98	59,29	56,37	55,27	55,36	53,66	51,57	53,69
1995	52,97	49,29	58,50	59,05	60,20	59,63	57,32	53,96	56,81	56,26	52,47	50,79
1996	46,72	48,94	56,41	56,42	56,92	57,52	56,35	56,38	56,95	56,41	55,83	54,22
1997	52,05	52,02	55,36	54,82	61,65	59,33	58,71	58,16	55,94	60,48	54,29	57,62
1998	58,49	55,44	62,58	64,33	61,99	58,49	56,06	55,53	53,97	56,76	55,66	54,51
1999	56,05	51,62	56,60	57,73	60,57	56,04	59,41	56,56	53,31	54,92	54,40	54,94
2000	52,85	49,69	56,70	57,26	60,09	60,65	57,20	57,80	52,87	56,70	52,89	53,40
2001	49,20	49,85	58,03	58,60	60,89	56,90	57,39	58,58	52,49	59,17	55,23	61,44
2002	54,71	52,46	57,53	58,11	63,38	58,10	59,79	58,65	55,85	57,53	54,20	58,68
2003	57,23	55,29	59,51	60,07	63,61	54,97	57,15	57,18	52,80	54,97	51,76	54,44
2004	53,10	50,93	59,78	55,85	60,94	57,52	55,75	58,07	52,58	55,28	54,75	55,30
2005	54,46	53,22	57,80	60,06	61,24	58,37	59,49	57,20	55,02	53,32	52,32	52,80
2006	55,26	51,91	54,68	55,26	58,58	57,49	59,16	59,18	56,37	56,92	53,63	55,26
2007	59,74	48,88	57,49	58,05	59,74	56,37	59,74	55,76	55,27	54,14	53,11	51,97
2008	54,19	49,40	54,72	55,83	58,02	57,49	57,45	56,34	55,28	54,72	55,26	54,19
2009	52,33	48,72	52,28	57,35	60,19	59,06	59,60	60,79	59,60	57,34	57,87	57,35
2010	55,79	57,15	63,29	60,93	64,53	58,63	56,22	56,85	53,02	55,76	53,05	53,54
2011	54,01	50,78	55,67	59,09	63,20	60,25	58,46	60,24	55,70	55,67	54,05	59,09
2012	57,39	49,77	57,38	55,70	60,82	59,67	59,05	57,34	54,60	57,95	56,25	56,26
2013	57,36	51,26	60,23	60,23	60,80	60,23	57,25	58,46	56,80	56,77	54,02	56,79

JARDIN BOTANICO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	56,2137	51,2536	56,196	57,9132	64,3638	60,4051	58,4181	56,1325	55,1048	57,3352	55,1086	57,9132
1994	57,3766	51,7954	57,9391	59,0929	61,709	57,9391	59,0356	57,3128	56,2509	58,5151	55,689	57,3766
1995	57,5234	51,9273	58,0874	58,6704	66,4218	57,2232	59,1859	57,4574	55,8305	57,5108	55,8315	57,5234
1996	54,7614	50,9805	55,8792	58,8312	58,1068	57,8306	62,982	64,8513	63,5772	63,009	60,562	62,3972
1997	56,6866	54,4346	63,3927	59,7024	86,2	57,0415	86	78,4	84,6	114,1	81,1	110,3
1998	95,3	87,1	74,8	74,2	90,8	76,5	72,9	59,966	60,1239	73,1	58,9334	90,9
1999	72,4	63	91,3	63,2	94,6	92,7	72,4	60,1	73,4	57,1029	58,3333	62,5113
2000	80,8	97,7	86,4	46,4	46,8	60,4241	62,9	37,2	43,4	63,642	62,3639	63,6379
2001	59,0879	47,2	65,7	75,7	56,4	55,4373	56,8	90,1	92,4	67,2	70,9	60,6
2002	64,4878	68,8	68,6	74,3	90,2	82,8	74,3	70,4	93,4	95,3	82,8	81,4
2003	67,525	69,4	63,1573	45,1	80,8	69,6	88,6	101	84,6	62	52,7	58,3019
2004	61,6596	56,219	62,2641	37,8	65,7	79,9	68,6	63,4731	61,6554	59,2351	59,2597	61,0554
2005	64,5522	58,8564	69,0063	78,8	74,1	79,7	63,8708	88	83,8	85,8	70,3	56,0397
2006	61,1241	81,5	46,8	58,7029	67,3	53,6489	64,7932	64,182	66,6735	62,9595	58,7356	65,4475
2007	54,8635	59,2742	63,1505	65,0104	57,071	54,248	66,9139	64,3767	63,1443	61,9153	43	60,0998
2008	59,2	59,849	62,6483	63,8321	57,1598	56	54,1021	65,7095	58,5	84,7	61,9547	51,937
2009	50,5	77,8	82,1	77,1	79	78,8	74,8	87,9	96,8	77,9	77,4	77
2010	56,8054	90,9	74,7	63,4	78,7	81,3	73,7	78,3	89,5	75,2	48,7	80,2
2011	97,2	55,5207	81	81,7	78,8	67,1	56,0726	64,5274	61,4764	74,4	74,5	77,1
2012	56,064	87,4	68,7	70,1	86,1	95,9	108,8	85,1	91,3	91,9	57,4	80,4
2013	84,8	72	61,6	72,1	72,5	110,3	87,1	58,9407	57,8493	57,8296	54,8919	57,3141

UNIVERSIDAD NACIONAL												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	96	100,6	92,7	82,5	78	98,5	98,3	67,5	85,7	97	103,6	89,3
1994	54,5388	68,7	88,7	76,1	81,1	57,0789	60,5283	54,4086	61,7063	71	55,9732	53,6944
1995	51,9352	103,3	89,9	84,4	68,8	55,866	54,8455	52,3158	53,0952	87	96	65,5
1996	88,1	81,5	78	91,2	69,9	86,7	79,4	79,3	102,8	93,1	84,5	85,7
1997	76,6	92,5	91,3	78,3	85,8	91	59,7358	57,3842	64,1	105,9	85,3	101,1
1998	117,8	88,2	95,8	95	72,8	98,4	88	89,9	90,8	89,3	81,1	79,9
1999	81	70,4	81,5	68	86,7	68,8	91,8	67,6	56,2718	66,5	85,2	82,1
2000	96,6	73,7	84,2	78,7	71,7	80	66,1	75,1	62,2	85,8	88,5	42,6
2001	53,6939	95	88,4	92,7	77,3	89,7	95,9	81,8	85,8	91,4	78,9	73,1
2002	86,1	91,3	94,3	77,6	78,8	72,9	62,1614	97,6	90,6	99,2	55,8013	60,6825
2003	60,9151	64,6	60,3753	62,5771	91,4	67,5	60,5649	78,1	84,5	45,6	53,8199	56,4212
2004	54,8291	52,1251	61,5307	57,1034	54,2	78,8	61,0937	60,0525	56,2595	57,8557	57,8906	58,7294
2005	76,9	56,7541	64,5	56,1	62,838	70	97,3	58,9583	57,3013	59,983	55,2677	55,2978
2006	58,5747	55,5393	56,4294	56,3529	60,2648	58,0353	60,1029	63,0631	59,0585	58,7488	54,876	58,6123
2007	59,7912	54,9067	60,3633	61,317	62,1913	59,2344	60,6816	57,1765	57,6438	56,1161	53,2691	51,2436
2008	52,5546	50,0495	57,4655	58,3628	60,6203	59,1283	57,5755	59,1146	57,461	58,7217	56,8194	55,2797
2009	56,196	52,2443	56,459	58,7814	60,7102	60,1456	59,974	61,6985	58,9373	58,0084	56,7251	58,6078
2010	59,1547	59,2644	65,8881	61,7936	64,682	59,4409	57,3697	57,2926	53,992	57,0396	52,4371	53,3457
2011	58,3378	51,0763	57,7352	58,9223	63,6824	63,6853	61,233	89,7	83	57,1508	56,622	58
2012	82,1	101,5	64,5	64,6	95,3	97,6	61,3631	60,7842	60,8134	63,2249	61,9376	60,2276
2013	89,5	66,1	106,9	61,3277	66,6	91	97,9	104,5	79,5	85,4	59,5	58,9591

LAS FERIAS												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	57,3014	51,2096	58,6317	58,6353	61,1335	59,7902	58,9574	57,6231	55,989	57,2888	55,4319	58,6353
1994	55,7483	52,8096	59,2566	60,0201	62,0749	58,2964	58,6188	55,6557	57,7288	57,9136	54,3823	54,905
1995	54,2163	51,9106	60,1788	60,9378	62,1304	58,1607	57,2147	54,6647	55,3507	58,0651	57,2856	56,1806
1996	51,1786	50,3881	57,1385	59,2498	60,3813	60,9957	58,8027	59,8117	58,669	57,5208	58,4399	57,7219
1997	54,0071	52,9245	59,0089	57,6574	63,7937	60,7906	59,7168	59,3532	59,6102	63,3951	58,8127	61,5848
1998	63,6138	59,4936	67,1404	67,526	63,7942	59,3677	57,4307	57,689	56,8474	57,379	56,87	55,6517
1999	58,8891	53,2968	58,8816	59,1793	63,1673	58,7357	60,797	59,2329	55,6508	55,9848	56,7821	59,2762
2000	56,6994	52,2212	58,8577	58,1897	64,527	63,7486	58,3268	60,7479	55,0094	59,5908	56,6658	57,8039
2001	54,7953	52,5987	59,5857	61,2265	63,6276	58,9928	61,0159	60,2892	55,9713	62,8821	58,2736	63,1721
2002	59,9882	59,3157	64,1799	62,5646	65,9846	60,999	62,8474	61,8152	59,4604	62,8661	56,8713	61,5783
2003	62,7273	59,2665	63,5891	63,8917	67,2299	63,0341	72,4348	51,2822	55,0661	62,3853	51,9905	54,5387
2004	52,6447	50,5404	59,3496	54,9249	60,0027	59,9701	80,8174	61,0128	58,2205	60,0897	58,332	61,2924
2005	62,6476	61,9625	61,469	60,4466	62,5017	58,4231	59,0108	57,6619	58,3575	64,0716	62,6067	64,0069
2006	63,7198	55,2163	55,4587	55,3923	59,2695	57,0672	59,1073	74,3564	58,1138	57,782	53,9439	57,6558
2007	59,6311	54,5122	60,2017	63,6746	60,3121	59,0722	60,5146	60,9083	62,2277	60,8604	50,2242	43,0017
2008	47,8473	44,7443	57,4839	57,4259	59,0429	57,8205	57,7206	57,517	55,9834	57,4279	56,3315	57,2035
2009	54,8617	50,1738	55,9644	58,0146	59,995	57,2127	56,6072	60,3058	57,2773	57,1558	57,3574	58,2417
2010	58,2833	58,416	64,6973	60,4055	62,5947	57,9349	55,5902	55,697	53,5753	55,4272	51,6493	52,2721
2011	55,5362	50,6867	55,5193	56,8766	62,0963	58,6256	57,2518	58,4341	54,8264	55,3511	53,9568	56,9327
2012	57,4389	51,0392	56,4142	54,9734	60,3367	57,8882	57,0714	56,1322	54,5448	58,8575	57,5629	56,9884
2013	58,565	52,3589	60,47	59,1943	60,3874	59,0815	55,6461	57,4265	56,6943	56,8908	53,9811	56,0112

FONTIBON S												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	57,3014	51,2096	58,6317	58,6353	61,1335	59,7902	58,9574	57,6231	55,989	57,2888	55,4319	58,6353
1994	55,7483	52,8096	59,2566	60,0201	62,0749	58,2964	58,6188	55,6557	57,7288	57,9136	54,3823	54,905
1995	54,2163	51,9106	60,1788	60,9378	62,1304	58,1607	57,2147	54,6647	55,3507	58,0651	57,2856	56,1806
1996	51,1786	50,3881	57,1385	59,2498	60,3813	60,9957	58,8027	59,8117	58,669	57,5208	58,4399	57,7219
1997	54,0071	52,9245	59,0089	57,6574	63,7937	60,7906	59,7168	59,3532	59,6102	63,3951	58,8127	61,5848
1998	63,6138	59,4936	67,1404	67,526	63,7942	59,3677	57,4307	57,689	56,8474	57,379	56,87	55,6517
1999	58,8891	53,2968	58,8816	59,1793	63,1673	58,7357	60,797	59,2329	55,6508	55,9848	56,7821	59,2762
2000	56,6994	52,2212	58,8577	58,1897	64,527	63,7486	58,3268	60,7479	55,0094	59,5908	56,6658	57,8039
2001	54,7953	52,5987	59,5857	61,2265	63,6276	58,9928	61,0159	60,2892	55,9713	62,8821	58,2736	63,1721
2002	55,6341	54,392	59,2035	56,9282	61,7575	55,9531	59,1607	54,8032	55,1442	57,8857	53,7258	58,4011
2003	58,7749	54,4766	58,2578	57,8059	62,2109	55,5787	57,6058	57,4675	55,0555	57,742	54,7857	56,1637
2004	54,3499	51,9493	60,9129	57,5963	61,8573	55,4442	56,4236	56,5208	54,6987	56,6284	55,957	56,9766
2005	56,174	54,0677	60,5186	60,7369	62,2216	58,6128	58,0256	56,6686	55,2328	55,1368	53,9753	54,5455
2006	56,6463	54,7077	55,9523	56,2518	59,2784	56,6896	58,3992	58,661	56,9866	58,6881	53,8883	57,5509
2007	60,0469	51,493	58,9682	59,3051	61,0987	56,011	58,0495	55,094	55,4223	57,3138	54,5971	53,4645
2008	53,1488	49,3716	57,6867	59,6325	60,665	59,0631	59,838	58,7486	57,7471	56,6605	56,3274	56,3358
2009	54,4707	52,0562	57,306	59,7556	61,4943	59,3436	58,499	61,0338	59,2274	58,4676	58,0546	60,1639
2010	61,9619	60,8676	66,9897	62,7831	64,5744	58,2996	55,5245	54,8279	52,7392	54,8028	50,3974	49,3368
2011	55,7134	50,4935	55,8109	58,0051	60,2798	59,8826	57,6672	58,0399	54,947	54,6376	53,0519	55,269
2012	55,708	49,9307	57,2697	55,0403	60,0463	58,5174	57,3142	55,5184	55,0515	58,5743	56,628	56,7137
2013	57,8121	51,2072	59,3619	59,4756	59,0136	58,1483	54,4619	59,954	58,8212	58,8236	55,8486	57,4863

PUENTE ARANDA												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	57,3014	51,2096	58,6317	58,6353	61,1335	59,7902	58,9574	57,6231	55,989	57,2888	55,4319	58,6353
1994	55,7483	52,8096	59,2566	60,0201	62,0749	58,2964	58,6188	55,6557	57,7288	57,9136	54,3823	54,905
1995	54,2163	51,9106	60,1788	60,9378	62,1304	58,1607	57,2147	54,6647	55,3507	58,0651	57,2856	56,1806
1996	51,1786	50,3881	57,1385	59,2498	60,3813	60,9957	58,8027	59,8117	58,669	57,5208	58,4399	57,7219
1997	54,0071	52,9245	59,0089	57,6574	63,7937	60,7906	59,7168	59,3532	59,6102	63,3951	58,8127	61,5848
1998	63,6138	59,4936	67,1404	67,526	63,7942	59,3677	57,4307	57,689	56,8474	57,379	56,87	55,6517
1999	58,8891	53,2968	58,8816	59,1793	63,1673	58,7357	60,797	59,2329	55,6508	55,9848	56,7821	59,2762
2000	56,6994	52,2212	58,8577	58,1897	64,527	63,7486	58,3268	60,7479	56,3427	59,5908	56,6658	57,8039
2001	54,7953	52,5987	59,5857	61,2265	63,6276	58,9928	61,0159	60,2892	55,9713	62,8821	58,2736	63,1721
2002	57,1089	55,8231	60,5867	58,4326	62,6542	55,9971	59,8856	57,26	56,4923	59,1222	54,8735	59,5913
2003	59,3965	56,6614	60,6249	58,6432	58,732	55,9188	58,6726	58,4135	58,0683	58,4024	56,2461	57,8929
2004	55,2355	53,8566	62,2915	58,6644	62,6502	55,8342	57,0489	58,4992	57,0641	59,3561	56,6593	58,2036
2005	57,956	55,5525	62,0605	61,8708	62,8301	59,5782	58,7326	57,7067	56,4172	57,0124	55,7471	55,8864
2006	57,7514	56,6303	57,6225	57,5217	60,974	58,0856	54,8324	60,3988	58,9576	58,8988	55,6072	58,9043
2007	61,3687	52,7795	60,2632	60,609	63,0465	56,376	58,7284	56,42	57,3197	57,528	56,3521	55,7149
2008	57,8188	48,4793	56,5064	57,4226	60,3808	57,6433	57,9772	58,937	56,9717	57,8144	56,3384	56,5199
2009	56,2742	51,9337	57,6336	59,9006	62,1893	58,3867	57,9486	59,8758	57,9944	58,6191	56,5102	59,4363
2010	60,1333	59,1913	64,7725	61,3043	63,1599	57,6239	57,1072	57,6426	54,3292	57,3824	52,7677	53,6865
2011	56,9111	51,8449	56,7462	58,3592	62,7152	61,3638	58,4988	60,6005	56,9918	56,5331	54,85	58,7538
2012	57,7131	52,0953	58,5197	55,4964	60,1983	59,6137	59,3504	58,0059	56,7326	59,2938	57,6169	57,2411
2013	57,2397	52,1473	60,8341	60,2202	61,3995	60,2119	57,2228	59,0707	57,974	57,9571	55,0146	57,4403

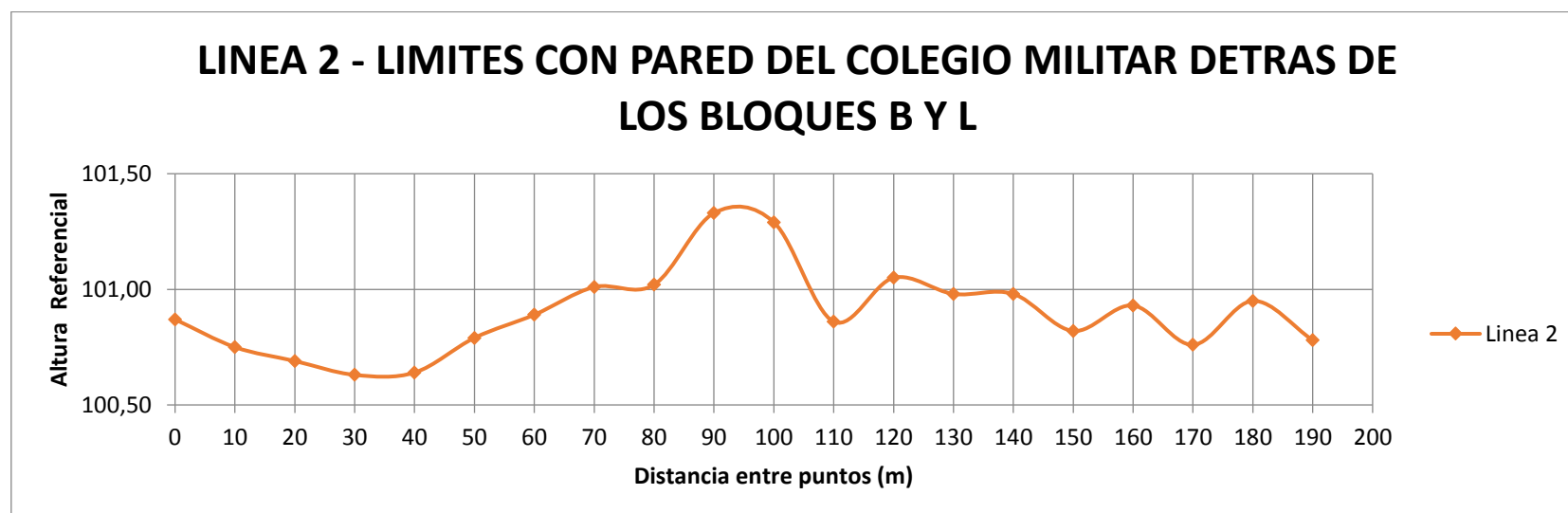
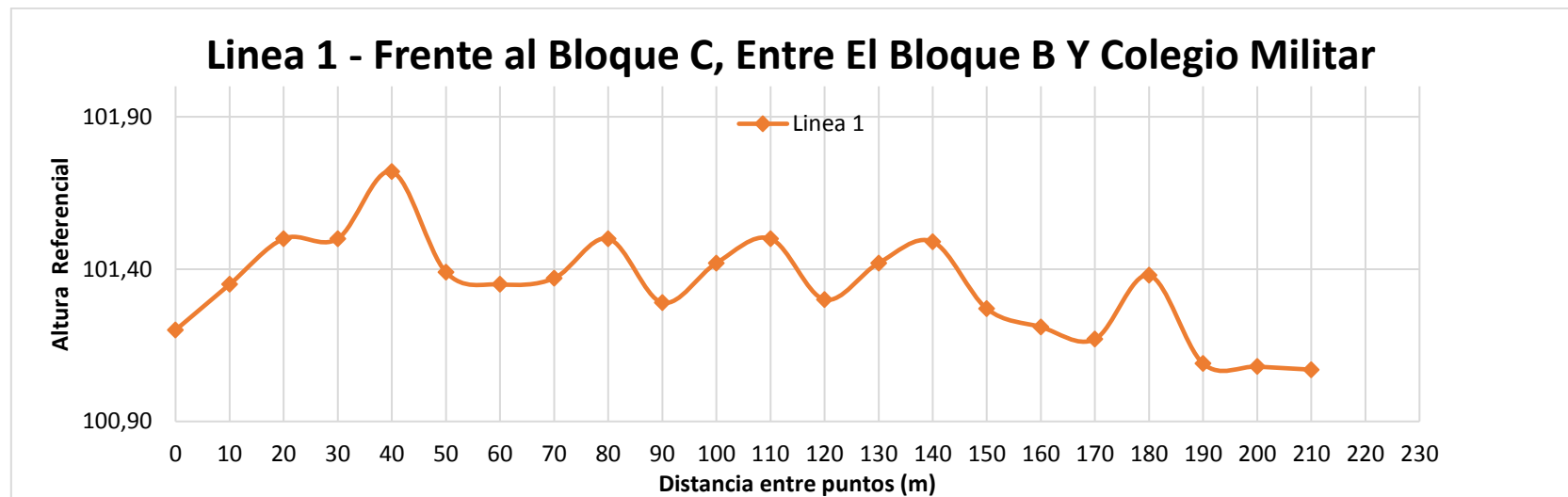


CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1993	57,3014	51,2096	58,6317	58,6353	61,1335	59,7902	58,9574	57,6231	55,989	57,2888	55,4319	58,6353
1994	55,7483	52,8096	59,2566	60,0201	62,0749	58,2964	58,6188	55,6557	57,7288	57,9136	54,3823	54,905
1995	54,2163	51,9106	60,1788	60,9378	62,1304	58,1607	57,2147	54,6647	55,3507	58,0651	57,2856	56,1806
1996	51,1786	50,3881	57,1385	59,2498	60,3813	60,9957	58,8027	59,8117	58,669	57,5208	58,4399	57,7219
1997	54,0071	52,9245	59,0089	57,6574	63,7937	60,7906	59,7168	59,3532	59,6102	63,3951	58,8127	61,5848
1998	63,6138	59,4936	67,1404	67,526	63,7942	59,3677	57,4307	57,689	56,8474	57,379	56,87	55,6517
1999	58,8891	53,2968	58,8816	59,1793	63,1673	58,7357	60,797	59,2329	55,6508	55,9848	56,7821	59,2762
2000	56,6994	52,2212	58,8577	58,1897	64,527	63,7486	58,3268	60,7479	55,0094	59,5908	56,6658	57,8039
2001	54,7953	52,5987	59,5857	61,2265	63,6276	58,9928	61,0159	60,2892	55,9713	62,8821	58,2736	63,1721
2002	58,9936	56,5226	60,4309	59,6501	63,6705	58,5053	61,9149	58,5969	57,7594	59,9287	55,5697	60,4459
2003	61,4765	57,4189	60,9443	60,8574	64,4063	58,1568	61,1528	57,9502	56,3961	57,4642	54,372	56,9892
2004	54,3555	51,7519	61,0586	56,6314	61,7663	56,9874	60,6049	59,1087	55,7918	58,3405	63,1396	63,5365
2005	60,048	57,3273	63,8806	65,5027	72,8066	57,1455	63,7023	61,4398	58,701	71,3666	52,2782	49,4546
2006	58,5703	55,6127	56,4249	56,3485	60,2603	58,0309	60,0984	63,0586	59,0541	58,7444	54,8717	58,6079
2007	63,3215	63,2825	73,5938	79,7291	50,7321	59,4409	60,8942	51,4337	53,3151	45,9796	44,5564	44,4185
2008	45,2152	43,8	58,5386	59,6178	61,6005	60,0296	60,9505	60,3755	57,7946	58,196	57,3668	57,9703
2009	56,0408	51,3045	57,8056	60,6685	60,9891	59,2045	59,9679	62,5131	59,5236	57,6895	57,9769	56,4984
2010	56,5847	58,7612	65,0191	62,0665	65,7341	59,5338	58,0886	58,0716	53,0969	57,837	53,5321	54,1146
2011	55,6739	52,2686	57,3693	59,2255	63,966	61,4185	59,3371	60,5512	55,4655	56,6787	55,0859	58,4177
2012	58,485	51,3899	58,7674	56,877	61,9808	60,2852	58,9887	57,9621	55,078	60,2852	58,0568	58,3696
2013	57,3762	53,3178	61,7119	60,9948	62,6532	60,643	60,1073	59,5402	58,7121	57,2979	54,682	57,2606

Anexo 6. Topografía

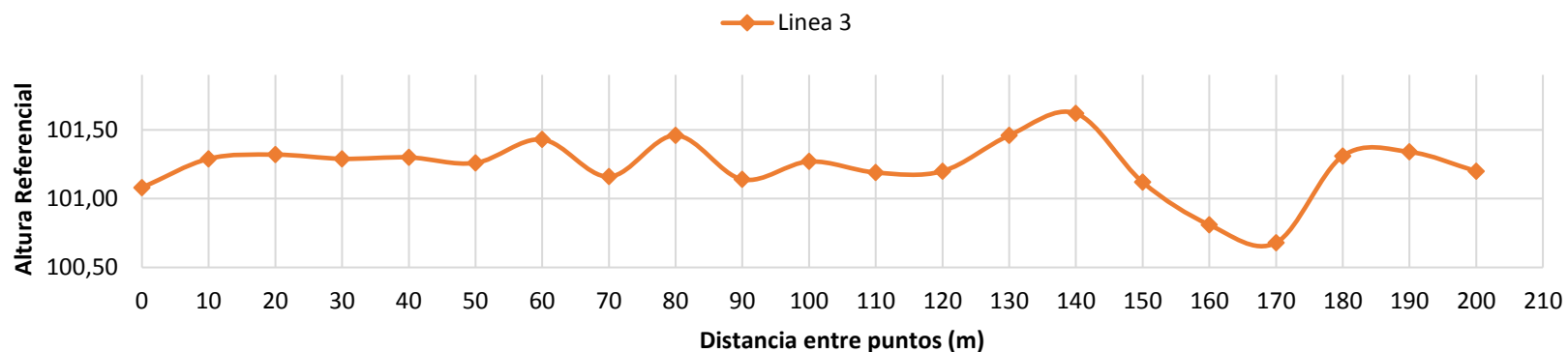
Línea 1				
Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)
BM	1,20	100,00	101,20	0
1	1,35	100,00	101,35	10
2	1,50	100,00	101,50	20
3	1,50	100,00	101,50	30
4	1,72	100,00	101,72	40
5	1,39	100,00	101,39	50
6	1,35	100,00	101,35	60
BM	1,37	100,00	101,37	70
7	1,50	100,00	101,50	80
8	1,29	100,00	101,29	90
9	1,42	100,00	101,42	100
BM	1,50	100,00	101,50	110
10	1,30	100,00	101,30	120
11	1,42	100,00	101,42	130
12	1,49	100,00	101,49	140
13	1,27	100,00	101,27	150
BM	1,21	100,00	101,21	160
14	1,17	100,00	101,17	170
15	1,38	100,00	101,38	180
16	1,09	100,00	101,09	190
17	1,08	100,00	101,08	200
18	1,07	100,00	101,07	210

Línea 2				
Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)
BM	0,87	100,00	100,87	0
1	0,75	100,00	100,75	10
2	0,69	100,00	100,69	20
3	0,63	100,00	100,63	30
4	0,64	100,00	100,64	40
5	0,79	100,00	100,79	50
6	0,89	100,00	100,89	60
7	1,01	100,00	101,01	70
8	1,02	100,00	101,02	80
9	1,33	100,00	101,33	90
10	1,29	100,00	101,29	100
BM	0,86	100,00	100,86	110
11	1,05	100,00	101,05	120
12	0,98	100,00	100,98	130
13	0,98	100,00	100,98	140
14	0,82	100,00	100,82	150
15	0,93	100,00	100,93	160
16	0,76	100,00	100,76	170
17	0,95	100,00	100,95	180
18	0,78	100,00	100,78	190

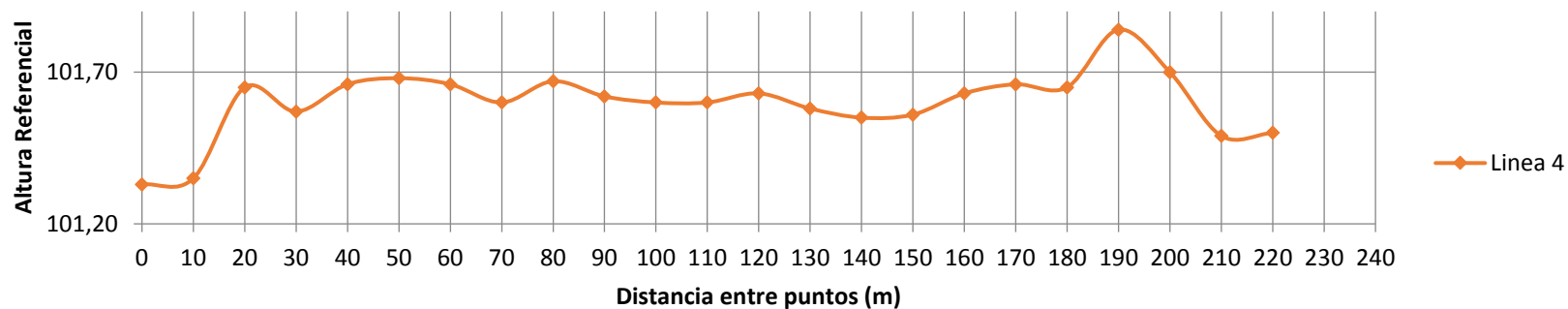


Línea 3					Línea 4				
Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)	Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)
BM	1,08	100,00	101,08	0	BM	1,33	100,00	101,33	0
1	1,29	100,00	101,29	10	1	1,35	100,00	101,35	10
2	1,32	100,00	101,32	20	2	1,65	100,00	101,65	20
3	1,29	100,00	101,29	30	3	1,57	100,00	101,57	30
4	1,30	100,00	101,30	40	4	1,66	100,00	101,66	40
5	1,26	100,00	101,26	50	5	1,68	100,00	101,68	50
6	1,43	100,00	101,43	60	6	1,66	100,00	101,66	60
7	1,16	100,00	101,16	70	7	1,60	100,00	101,6	70
8	1,46	100,00	101,46	80	8	1,67	100,00	101,67	80
9	1,14	100,00	101,14	90	9	1,62	100,00	101,62	90
10	1,27	100,00	101,27	100	10	1,60	100,00	101,6	100
11	1,19	100,00	101,19	110	11	1,60	100,00	101,6	110
12	1,20	100,00	101,20	120	12	1,63	100,00	101,63	120
BM	1,46	100,00	101,46	130	13	1,58	100,00	101,58	130
BM	1,62	100,00	101,62	140	14	1,55	100,00	101,55	140
13	1,12	100,00	101,12	150	15	1,56	100,00	101,56	150
14	0,81	100,00	100,81	160	16	1,63	100,00	101,63	160
15	0,68	100,00	100,68	170	17	1,66	100,00	101,66	170
BM	1,31	100,00	101,31	180	18	1,65	100,00	101,65	180
16	1,34	100,00	101,34	190	19	1,84	100,00	101,84	190
17	1,20	100,00	101,20	200	20	1,70	100,00	101,70	200
					21	1,49	100,00	101,49	210
					22	1,50	100,00	101,50	220

### LINEA 3 - INICIO BLOQUE B POR EL FRENTE DE DEL BLOQUE P Y LA CAFETERIA FINALIZANDO EN LIMITES CON EL JARDÍN BOTÁNICO

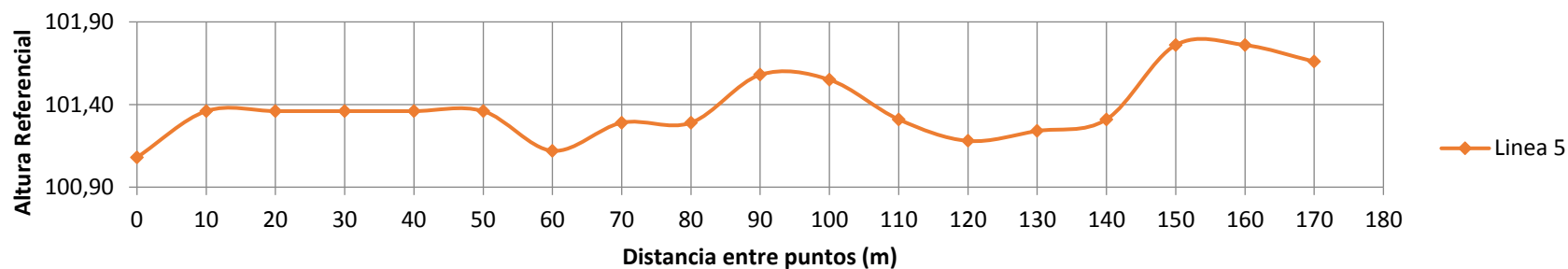


### LINEA 4 - INICIA EN EL SALÓN DE ARTES MULTIPLES Y FINALIZA EN LA CANCHA MULTIMODAL DEL POLIDEPORTIVO

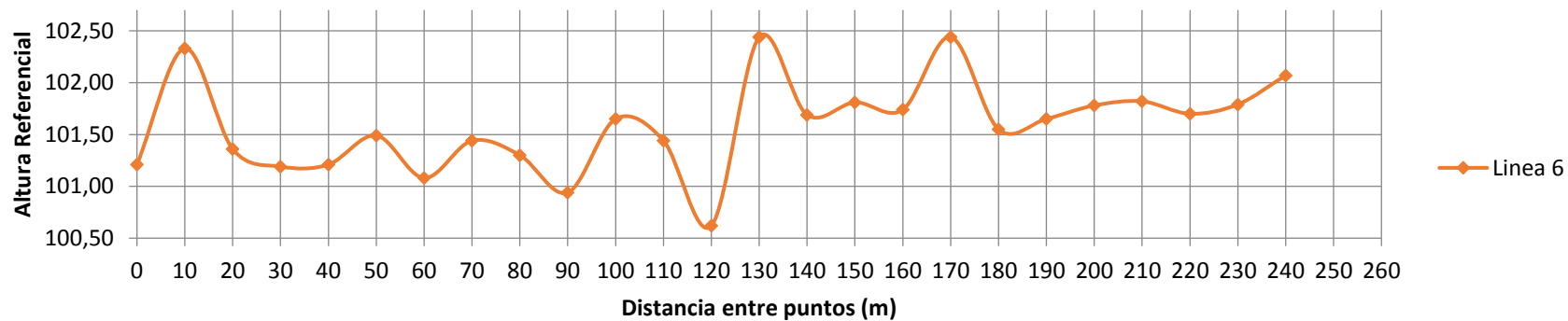


Línea 5					Línea 6				
Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)	Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)
BM	1,08	100,00	101,08	0	BM	1,21	100,00	101,21	0
1	1,36	100,00	101,36	10	BM	2,33	100,00	102,33	10
2	1,36	100,00	101,36	20	BM	1,36	100,00	101,36	20
3	1,36	100,00	101,36	30	1	1,19	100,00	101,19	30
4	1,36	100,00	101,36	40	2	1,21	100,00	101,21	40
5	1,36	100,00	101,36	50	3	1,49	100,00	101,49	50
6	1,12	100,00	101,12	60	BM	1,08	100,00	101,08	60
7	1,29	100,00	101,29	70	4	1,44	100,00	101,44	70
8	1,29	100,00	101,29	80	5	1,30	100,00	101,3	80
9	1,58	100,00	101,58	90	BM	0,94	100,00	100,94	90
10	1,55	100,00	101,55	100	6	1,65	100,00	101,65	100
11	1,31	100,00	101,31	110	7	1,44	100,00	101,44	110
12	1,18	100,00	101,18	120	8	0,62	100,00	100,62	120
13	1,24	100,00	101,24	130	BM	2,44	100,00	102,44	130
BM	1,31	100,00	101,31	140	9	1,69	100,00	101,69	140
14	1,76	100,00	101,76	150	10	1,81	100,00	101,81	150
15	1,76	100,00	101,76	160	11	1,74	100,00	101,74	160
16	1,66	100,00	101,66	170	BM	2,44	100,00	102,44	170
					12	1,55	100,00	101,55	180
					13	1,65	100,00	101,65	190
					14	1,78	100,00	101,78	200
					15	1,82	100,00	101,82	210
					16	1,70	100,00	101,7	220
					17	1,79	100,00	101,79	230
					18	2,07	100,00	102,07	240

### LINEA 5 - INICIA EN EL BLOQUE C PASANDO DETRAS DE LOSBLOQUES B Y L FINALIZANDO EN EL SALÓN DE ARTES MULTIPLES



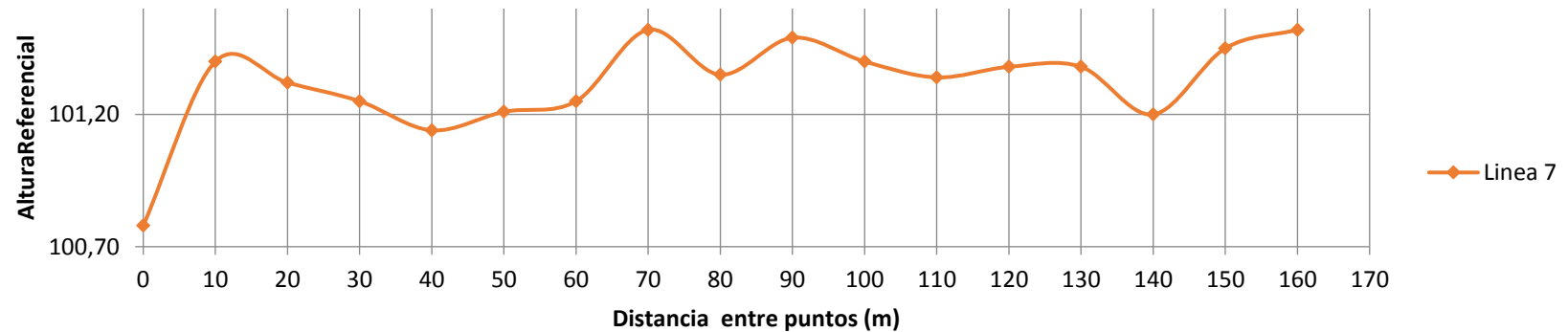
### LINEA 6 - CANCHA DEPORTIVA Y ENTRADA



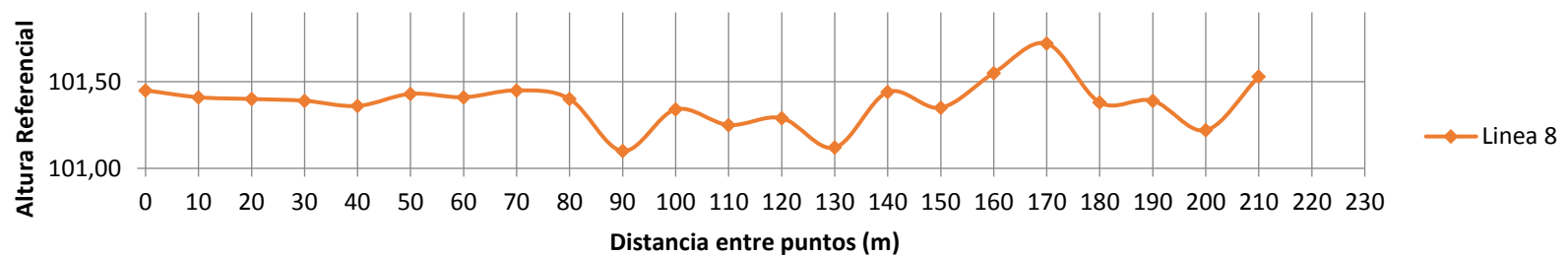
Línea 7					Línea 8				
Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)	Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)
BM	0,78	100,00	100,78	0	BM	1,45	100,00	101,45	0
1	1,40	100,00	101,40	10	1	1,41	100,00	101,41	10
2	1,32	100,00	101,32	20	2	1,40	100,00	101,40	20
BM	1,25	100,00	101,25	30	3	1,39	100,00	101,39	30
3	1,14	100,00	101,14	40	4	1,36	100,00	101,36	40
4	1,21	100,00	101,21	50	5	1,43	100,00	101,43	50
5	1,25	100,00	101,25	60	6	1,41	100,00	101,41	60
6	1,52	100,00	101,52	70	7	1,45	100,00	101,45	70
7	1,35	100,00	101,35	80	8	1,40	100,00	101,4	80
8	1,49	100,00	101,49	90	9	1,10	100,00	101,1	90
BM	1,40	100,00	101,4	100	10	1,34	100,00	101,34	100
9	1,34	100,00	101,34	110	11	1,25	100,00	101,25	110
10	1,38	100,00	101,38	120	12	1,29	100,00	101,29	120
11	1,38	100,00	101,38	130	11	1,12	100,00	101,12	130
12	1,20	100,00	101,2	140	BM	1,44	100,00	101,44	140
13	1,45	100,00	101,45	150	12	1,35	100,00	101,35	150
14	1,52	100,00	101,52	160	13	1,55	100,00	101,55	160
					14	1,72	100,00	101,72	170
					BM	1,38	100,00	101,38	180
					15	1,39	100,00	101,39	190
					16	1,22	100,00	101,22	200
					17	1,53	100,00	101,53	210



### LINEA 7 - JUNTO AL BLOQUE L HASTA LA CANCHA DE TENNIS

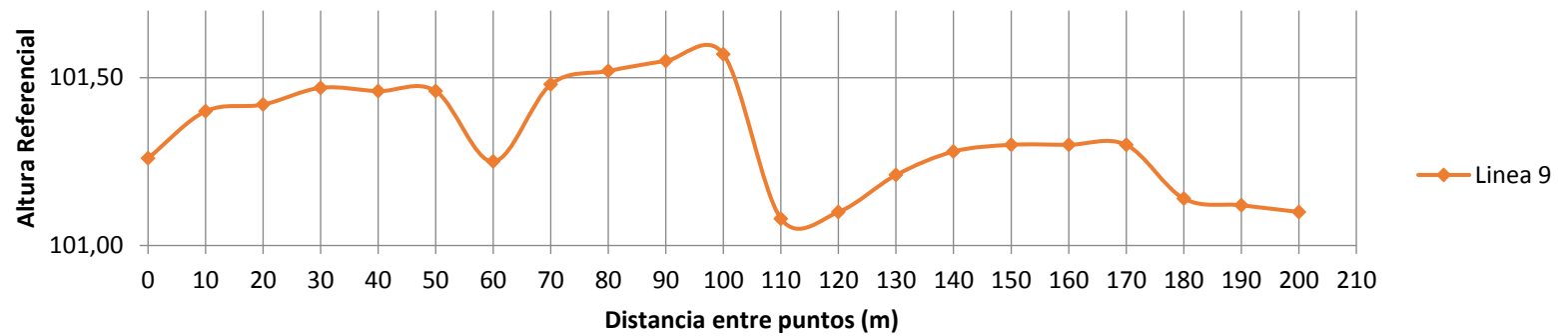


### LINEA 8 - INICIA EN EL MONUMENTO BENJAMIN HERRERA ATRAVESANDO EL PARQUEADERO DE LA ZONA DEL BLOQUE A FINALIZANDO DETRAS DE ESTE.

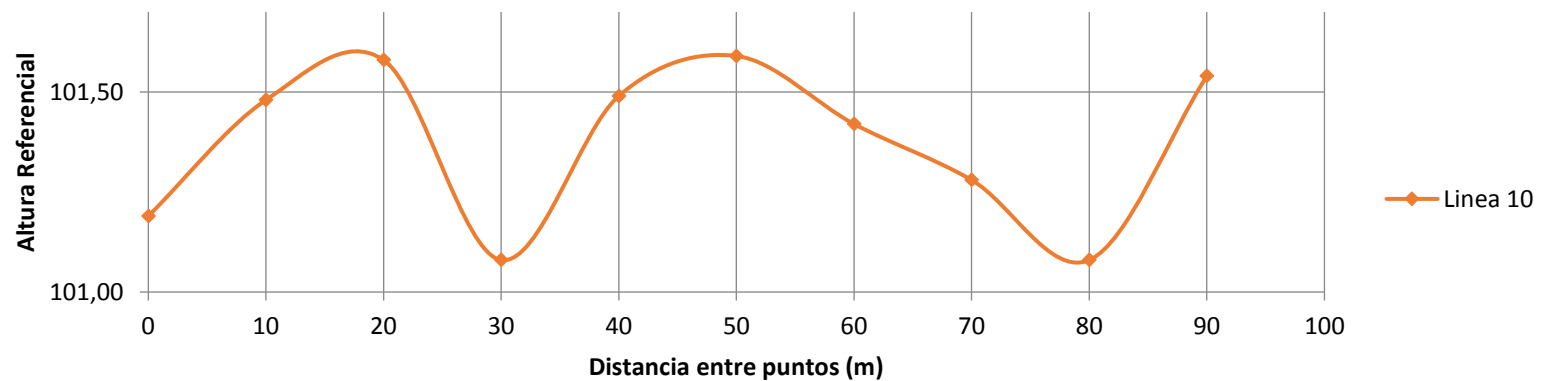


Línea 9					Línea 10				
Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)	Punto	h	Cota	h+Cota	Distancia (m)
BM	1,26	100,00	101,26	0	BM	1,19	100,00	101,19	0
1	1,40	100,00	101,40	10	1	1,48	100,00	101,48	10
2	1,42	100,00	101,42	20	2	1,58	100,00	101,58	20
3	1,47	100,00	101,47	30	3	1,08	100,00	101,08	30
4	1,46	100,00	101,46	40	4	1,49	100,00	101,49	40
5	1,46	100,00	101,46	50	5	1,59	100,00	101,59	50
6	1,25	100,00	101,25	60	6	1,42	100,00	101,42	60
7	1,48	100,00	101,48	70	7	1,28	100,00	101,28	70
8	1,52	100,00	101,52	80	8	1,08	100,00	101,08	80
9	1,55	100,00	101,55	90	9	1,54	100,00	101,54	90
10	1,57	100,00	101,57	100					
11	1,08	100,00	101,08	110					
12	1,10	100,00	101,10	120					
13	1,21	100,00	101,21	130					
14	1,28	100,00	101,28	140					
15	1,30	100,00	101,3	150					
16	1,30	100,00	101,3	160					
17	1,30	100,00	101,3	170					
18	1,14	100,00	101,14	180					
19	1,12	100,00	101,12	190					
20	1,10	100,00	101,1	200					

### LINEA 9 - CAMINO TECHADO BLOQUE C HASTA DESPUES DE LA BIBLIOTECA



### LINEA 10 - VÍA DE ACCESO Y SALIDA A LA UNIVERSIDAD



Anexo 7. DIÁMETROS DE SUCCIÓN, IMPULSIÓN Y PERDIDAS

TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 1	Locativas	Caudal	21,04	8,11728E-06	6,58903E-11
		Ø	0,0032	1	4,16231E-07
		válvula pie + coladera	1	7,3	
		entrada	1	0,3	
		codo 90°	1	0,7	
		Longitud real		83,87	
		Unión	13	0,208	
		Σ perdidas		92,378	
		Total			0,001213761
	fricción	Caudal	21,04	8,11728E-06	6,58903E-11
		Ø	0,0032	1	1,05723E-08
		Longitud real		83,87	
		Total		0,000607387	

TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 2	Locativas	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		Ø	0,0085	1	4,16231E-07
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		entrada	1	0,3	
		Longitud real		1,88	
		Σ perdidas		3,88	
		Total			0,002518317
	fricción	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		Ø	0,0085	1	1,05723E-08
		Longitud real		1,88	
		Total		0,00067256	

	Locativas	Caudal	168,917	6,51689E-05	4,24698E-09
--	-----------	--------	---------	-------------	-------------

TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 1+2= 3		Ø	0,0091	1	4,16231E-07
		Longitud real		3,52	
		Σ perdidas		3,52	
		Total			0,00298103
	fricción	Caudal	168,917	6,51689E-05	4,24698E-09
		Ø	0,0091	1	1,05723E-08
		Longitud real		3,52	
		Total			0,001643087
TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 4	Locativas	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		Ø	0,0085	1	4,16231E-07
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		entrada	1	0,3	
		Longitud real		14,67	
		Unión	2	0,032	
		Σ perdidas		16,702	
		Total			0,010840446
	fricción	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		Ø	0,0085	1	1,05723E-08
		Longitud real		14,67	
		Total			0,005248112
TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 3+4=5	Locativas	Caudal	316,795	0,00012	1,49378E-08
		Ø	0,0124	1	4,16231E-07
		Longitud real		19,59	
		Unión	3	0,048	
		Σ perdidas		19,638	
		Total			0,058496287

	fricción	Caudal		0,00012	1,49378E-08
		Ø	0,0124	1	1,05723E-08
		Longitud real		19,59	
		Total		0,032163241	

TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 6	Locativas	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		Ø	0,00852	1	4,16231E-07
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		entrada	1	0,3	
		Longitud real		7,21	
		Unión	1	0,016	
		Σ perdidas		9,226	
		Total		0,005988143	
	fricción	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		Ø	0,0085	1	1,05723E-08
		Longitud real		7,21	
		Total		0,002579338	

TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 6+7=8	Locativas	Caudal	464,673	0,000179	3,21385E-08
		Ø	0,0151	1	4,16231E-07
		codo 45°	1	0,4	
		Curva 45°	1	0,2	
		Longitud real		28,95	
		Unión	4	0,064	
		Σ perdidas		29,614	
		Total		0,189786557	
	fricción	Caudal	464,673	0,000179272	3,21385E-08
		Ø	0,0151	1	1,05723E-08

	Longitud real	28,95
	Total	0,102261289

TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 9	Locativas	Caudal	49,292	1,90172E-05	3,61654E-10
		Ø	0,0049	1	4,16231E-07
		entrada	1	0,3	
		codo 90°	1	0,7	
		Codo 45°	1	0,4	
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		Longitud real		111,23	
		Unión	18	0,288	
		Σ perdidas		114,618	
		Total			0,008265878
	fricción	Caudal	49,292	1,90172E-05	3,61654E-10
		Ø	0,0049	1	1,05723E-08
		Longitud real		111,23	
		Total			0,004421325

TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 9.1	Locativas	Caudal	49,292	1,90172E-05	3,61654E-10
		Ø	0,0049	1	4,16231E-07
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		entrada	1	0,3	
		Longitud real		2,75	
		Σ perdidas		3,05	
		Total			0,000219956
	fricción	Caudal	49,292	1,90172E-05	3,61654E-10
		Ø	0,0049	1	1,05723E-08
		Longitud real		2,75	

		Total		0,000109311	
TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 9.2	Locativas	Caudal	49,292	1,90172E-05	3,61654E-10
		Ø	0,0049	1	4,16231E-07
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		entrada	1	0,3	
		Longitud real		1,61	
		Σ perdidas		1,91	
		Total			0,000137743
	fricción	Caudal	49,292	1,90172E-05	3,61654E-10
		Ø	0,0049	1	1,05723E-08
		Longitud real		1,61	
		Total			6,39965E-05
TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 9+8=10	Locativas	Caudal	612,550	0,000236324	5,58489E-08
		Ø	0,0173	1	4,16231E-07
		Curva 45°	1	0,2	
		Longitud real		19,49	
		Unión	3	0,048	
		Σ perdidas		19,738	
		Total			0,219816698
	fricción	Caudal	612,550	0,000236324	5,58489E-08
		Ø	0,0173	1	1,05723E-08
		Longitud real		19,49	
		Total			0,119636498
	Locativas	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		Ø	0,0085	1	4,16231E-07



TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 11		entrada	1	0,3	
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		Longitud real		28,53	
		Unión	4	0,064	
		$\Sigma$ perdidas		30,594	
		Total			0,01985706
	fricción	Caudal	147,877	5,70516E-05	3,25488E-09
		$\emptyset$	0,0085	1	1,05723E-08
		Longitud real		28,53	
		Total			0,010206452
TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 11+10=12	Locativas	Caudal	760,428	0,000293375	8,6069E-08
		$\emptyset$	0,0193	1	4,16231E-07
		Longitud real		14,83	
		Unión	2	0,032	
		$\Sigma$ perdidas		14,862	
		Total			0,255074674
	fricción	Caudal	760,428	0,000293375	8,6069E-08
		$\emptyset$	0,0193	1	1,05723E-08
		Longitud real		14,83	
		Total			0,140289625
TRAMO 1 HUMEDAL 2 SECCIÓN 13	Locativas	Caudal	760,428	0,000293375	8,6069E-08
		$\emptyset$	0,0136	1	4,16231E-07
		Longitud real		5,5	
		Válvula de compuerta	1	0,4	
		salida	1	0,7	
		$\Sigma$ perdidas		6,6	

	fricción	Total			0,113274987
		Caudal	760,428	0,000293375	8,6069E-08
		Ø	0,0136	1	1,05723E-08
		Longitud real		5,5	
		Total			0,052029193

Total, Locativas	0,89 m
Total, Fricción	0,47 m
Total, Perdidas	1,36 m
Diferencia de Altura	3,00 m
Hb	4,36 m

TRAMO 1 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	21,04 m³/mes	8,12E-06 m³/s	6,59E-11 (Caudal^2)
		Ø	0,0032 m	1 pul	4,16E-07 pul
		válvula pie + coladera	1	7,3	
		entrada	1	0,3	
		codo 90	1	0,7	
		curva 45	2	0,4	
		Longitud real		65,45 m	
		Unión	11	0,18	
		Σ perdidas		74,33 m	
		Total			0,00097 m

	fricción	Caudal	21,04 m³/mes	8,12E-06 m³/s	6,6E-11
		Ø	0,0032	1	1,06E-08
		Longitud real		65,45 m	
		Total		0,00047 m	
TRAMO 2 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05 m³/s	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		Longitud real		24,96	
		Unión	4	0,064	
		Σ perdidas		26,96	
		Total		0,027	
	fricción	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05 m³/s	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	1,06E-08
		Longitud real		24,96	
		Total		0,014	
TRAMO 3 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	205,88 m³/mes	7,94E-05 m³/s	6,31E-09
		Ø	0,0100	1	4,16E-07
		Unión	6	0,096	
		Codo 45	1	0,4	
		Longitud real		37,74	
		Σ perdidas		38,23	
		Total		0,047	

	fricción	Caudal	205,88 m³/mes	7,94E-05 m³/s	6,30E-09
		Ø	0,0100	1	1
		Longitud real		37,74	
		Total		2,76E-10	

TRAMO 4 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05 m³/s	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		Tee	1	1,7	
		Unión	1	0,016	
		Longitud real		11,6	
		Σ perdidas		13,616	
		Total		0,013	
	fricción	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05 m³/s	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	1,06E-08
		Longitud real		11,6	
		Total		0,006483619	

TRAMO 5 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	390,72 m³/mes	0,00015 m³/s	2,27E-08
		Ø	0,014	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		Tee	1	1,7	
		Codo 45	1	0,4	
		Longitud real		61,68	
		Unión	10	0,16	

		$\Sigma$ perdidas		65,08	
		Total			0,29
	fricción	Caudal	390,72 m³/mes	0,00015 m³/s	2,27E-08
		Ø	0,014	1	1,06E-08
		Longitud real		61,68	
		Total			0,15

TRAMO 6 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		Tee	1	1,7	
		Unión	1	0,016	
		Longitud real		8,93	
		$\Sigma$ perdidas		10,95	
		Total			0,012
	fricción	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	1,05E-08
		Longitud real		8,93	
		Total			0,005

TRAMO 7 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	575,56 m³/mes	0,0002	4,93E-08
		Ø	0,016	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		Tee	1	1,7	
		curva 45	1	0,2	

		Unión	4	0,064	
		Longitud real		26,38	
		$\Sigma$ perdidas		29,64	
		Total			0,29
	fricción	Caudal	575,56 m³/mes	0,0002	4,93E-08
		Ø	0,017	1	1,06E-08
		Longitud real		26,38	
		Total			0,14

TRAMO 8 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	760,4 m³/mes	0,0002	8,60E-08
		Ø	0,0136	1	4,16E-07
		Válvula de compuerta roscada	1	0,4	
		Salida	1	0,7	
		Longitud real		5,5	
		$\Sigma$ perdidas		6,2	
		Total			0,10
	fricción	Caudal	760,4 m³/mes	0,0002	8,60E-08
		Ø	0,0136	1	1,06E-08
		Longitud real		5,5	
		Total			0,05

Total Locativas	0,79
-----------------	------

Total Fricción	0,37
Total Perdidas	1,17
Diferencia de Altura	3,15
Hb	4,32

RAMO 1 Caja aguas lluvias Bloque L HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		Válvula de compuerta roscada	1	0,4	
		codo 90	1	0,7	
		Longitud real		14,56	
		Salida	1	0,7	
		Unión	2	0,03	
		Σ perdidas		16,69	
		Total			0,017
	fricción	Caudal	184,84 m³/mes	7,13E-05	5,08E-09
		Ø	0,0095	1	1,06E-08
		Longitud real		14,56	
		Total		0,008	

Total perdidas	0,02
----------------	------

TRAMO 3 caja 1 Bloque C HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	369,69 m³/mes	0,0001	2,03E-08
		Ø	0,013	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		codo 90	1	0,7	
		Longitud real		54,3	
		Unión	9	0,144	
		Σ perdidas		55,44	
		Total			0,22
	fricción	Caudal	369,69 m³/mes	0,00014263	2,03E-08
		Ø	0,013	1	1,06E-08
		Longitud real		54,3	
		Total		0,12	

TRAMO 3 Caja 2 bloque c HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	369,69 m³/mes	0,00014263	2,03E-08
		Ø	0,013	1	4,16E-07
		entrada	1	0,3	
		Tee Salida Bilateral	1	1,7	
		Longitud real		3,72	
		Σ perdidas		5,72	
		Total			0,02
	fricción	Caudal	369,69 m³/mes	0,00014263	2,03E-08
		Ø	0,013	1	1,06E-08
		Longitud real		3,72	
		Total		0,00831756	



TRAMO 3 caja 1 Bloque C HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	739,4 m³/mes	0,00028526	8,14E-08
		Ø	0,019	1	4,16E-07
		codo 45	1	0,4	
		Curva 45	1	0,2	
		Longitud real		123,4	
		Unión	20	0,32	
		Σ perdidas		124,32	
		Total			2,02
	fricción	Caudal	739,4 m³/mes	0,00028526	8,14E-08
		Ø	0,019	1	1,06E-08
		Longitud real		123,4	
		Total		1,10	

TRAMO 3 Aljibe 3 HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	21,04 m³/mes	8,12E-06	6,6E-11
		Ø	0,0032	1	4,16E-07
		válvula pie + coladera	1	1,7	
		entrada	1	0,3	
		codo 90	1	0,7	
		Y	1	0,4	
		Longitud real		21,61	
		Unión	3	0,048	
		Σ perdidas		22,758	
		Total			0,000299019
	fricción	Caudal	21,04 m³/mes	8,12E-06	6,59E-11
		Ø	0,0032	1	1,06E-08

		Longitud real		21,61	
		Total		0,0001565	

TRAMO 3 llegada a bomba HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	760,43 m³/mes	0,00029338	8,60E-08
		Ø	0,019	1	4,16E-07
		Longitud real		11,18	
		Unión	1	0,016	
		Σ perdidas		11,196	
		Total			0,19
	fricción	Caudal	760,43 m³/mes	0,00029338	8,60E-08
		Ø	0,019	1	1,05E-08
		Longitud real		11,18	
		Total		0,10	

TRAMO 3 llegada a bomba HUMEDAL 1	Locativas	Caudal	760,43 m³/mes	0,00029338	8,60E-08
		Ø	0,013	1	4,16E-07
		Válvula de compuerta roscada	1	0,4	
		Salida	1	0,7	
		Longitud real		5,5	
		Σ perdidas		5,5	
		Total			0,09
	fricción	Caudal	760,43 m³/mes	0,00029338	8,60E-08
		Ø	0,013	1	1,05E-08
		Longitud real		5,5	
		Total		0,05	

Total Locativas	2,55
Total Fricción	1,39
Total Perdidas	3,94
Diferencia de Altura	3,01
Hb	6,95

